

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інститут телекомунікаційних систем
Кафедра Інформаційно-телекомунікаційних мереж**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Лариса ГЛОБА

«__» _____ 2020 р.

Дипломна робота

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Інформаційно-комунікаційні
технології»**

спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

**на тему: «Аналіз методів забезпечення якості обслуговування в мережах
передачі даних»**

Виконала:

студентка IV курсу, групи ТІ-61

Козак Анастасія Юріївна _____

Керівник:

Професор кафедри ІТМ ІТС, д.т.н., професор

Могилевич Дмитро Ісакович _____

Рецензент:

Доцент кафедри ТК ІТС, доцент, к.т.н,

Явіся Валерій Сергійович _____

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студентка _____

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інститут телекомунікаційних систем
Кафедра Інформаційно-телекомунікаційних мереж

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Інформаційно-комунікаційні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Лариса ГЛОБА

«___» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломну роботу студентці
Козак Анастасії Юріївні

1. Тема роботи «Аналіз методів забезпечення якості обслуговування в мережах передачі даних», керівник: професор кафедри ІТМ ІТС, д.т.н., професор Могилевич Дмитро Ісакович затверджені наказом по університету від «30» березня 2020 р. № 924-с

2. Термін подання студентом роботи 8 червня 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи: мережа передачі даних, в якій організовано транспортування різнотипного трафіку, на якій розгорнуто службу підтримки QoS.

4. Зміст роботи

1. Аналіз загальних способів організації підтримки характеристик якості обслуговування в мультисервісних мережах.
2. Аналіз вимог до якості обслуговування та методик оцінки показників QoS в мережах передачі даних.
3. Аналіз методів забезпечення якості обслуговування в мережах передачі даних.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо)

- №1 - Тема роботи;
- №2 – Актуальність роботи;
- №3 – Мета роботи;
- №4 – Наукова новизна;
- №5 – Практична цінність;
- №6 – Задачі, які виконувались;
- №7 – Висновки;
- №8 – Публікації.

6. Дата видачі завдання 07.02.2020

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Отримання завдання	07.02.2020	Виконано
2.	Збір інформації	15.04.2020	Виконано
3.	Аналіз загальних способів організації підтримки характеристик якості обслуговування в мультисервісних мережах.	29.04.2020	Виконано
4.	Аналіз вимог до якості обслуговування та методик оцінки показників QoS в мережах передачі даних.	15.05.2020	Виконано
5.	Аналіз методів забезпечення якості обслуговування в мережах передачі даних.	28.05.2020	Виконано
6.	Оформлення дипломної роботи	05.06.2020	Виконано

Студентка

Анастасія КОЗАК

Керівник

Дмитро МОГИЛЕВИЧ

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки становить 65 сторінок, 10 ілюстрацій та 26 джерел за переліком посилань.

Метою дослідження є підвищення якості надання послуг в мережах передачі даних на основі аналізу наявних методів забезпечення якості обслуговування.

Завдання:

1. Проведення аналізу варіантів побудови мережі передачі даних, яка буде підтримувати характеристики QoS;
2. Огляд вимог, які висуваються до передачі різних типів трафіку;
3. Проведення аналізу методів забезпечення якості обслуговування в МПД;
4. Розробка висновку відповідно до результатів дослідження.

Ключові слова: мережі передачі даних, мультисервісні мережі, якість обслуговування, QoS, методи забезпечення QoS.

ABSTRACT

The amount of explanatory notes is 65 pages, 10 illustrations and 26 sources for references.

The purpose of the study is to improve the quality of services in data networks by analyzing existing methods of quality assurance.

Task:

1. Analysis of options for building a data network that will support the characteristics of QoS;
2. Review of the requirements for the transfer of different types of traffic;
3. Analysis of methods of maintenance of quality of service in MTD;
4. Development of the conclusion according to results of research.

Keywords: data transmission networks, multiservice networks, service quality, QoS, QoS support methods.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1.....	10
АНАЛІЗ СПОСОБІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ПІДТРИМКИ ХАРАКТЕРИСТИК ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ В МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖАХ.....	10
1.1 Аналіз підходів до побудови мультисервісних мереж.....	10
1.1.1 Чотирьохрівнева архітектура побудови мультисервісної мережі	12
1.1.2 Дворівнева архітектура побудови мультисервісної мережі	14
1.2 Вимоги, які висуваються до якості надання послуг	15
1.3 Способи розгортання служби QoS	17
1.3.1 Огляд систем надання інформаційно-комунікаційних послуг в залежності від рівня підтримки характеристик QoS	18
1.3.2 Служба QoS	20
Висновки:	24
РОЗДІЛ 2.....	25
АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА МЕТОДИК ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ QoS	25
2.1 Характеристики послуг, які впливають на якість обслуговування	25
2.2 Огляд стандартів, які регулюють якість надання послуг в мережах передачі даних	29
2.3 Базові схеми і методи вимірювань параметрів QoS	34
Висновки:	41
РОЗДІЛ 3.....	42
АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ В МЕРЕЖАХ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ.....	42
3.1 Методи, спрямовані на боротьбу з перевантаженнями	42
3.1.1 Алгоритми управління чергами	42
3.1.2 Механізми кондиціонування трафіку	50
3.2 Методи, які запобігають перевантаженням	53
3.2.1 Методи зворотного зв'язку.....	53
3.2.2 Механізм резервування ресурсів.....	56
3.2.3 Механізми інжинірингу трафіку	57
3.3 Робота мережі в недовантаженому режимі.....	59
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	64

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

МПД	Мережа передачі даних
QoS	Quality Of Service – Якість обслуговування
UDP	Protocol Data Unit – Протокольний блок даних;
IP	Internet Protocol – Протокол передачі даних в мережі Інтернет
NGN	Next Generation Network – Мережа наступного покоління
ISDN	Integrated Services Digital Network - Цифрова мережа з інтегрованими службами
ГІС	Глобальне інформаційне суспільство
ПЗ	Програмне забезпечення
ETSI	European Telecommunications Standards Institute – Європейський інститут телекомунікаційних стандартів
ITU	International Telecommunication Union - Міжнародний союз електрозв'язку
3GPP	3rd Generation Partnership Project – Проект партнерства третього покоління
TCP	Transmission control protocol - протокол передачі даних Інтернет
SLA	Service-level agreement - угода між постачальником послуг і користувачем про рівень послуг
ATM	Asynchronous Transfer Mode – асинхронний спосіб передачі даних
MPLS	Multiprotocol Label Switching - багатопроTOCOLьна комутація за мітками

ВСТУП

Сучасна тенденція до конвергенції мереж, тобто створення універсальної мультисервісної мережі, здатної надавати послуги як комп'ютерних, так і телекомунікаційних мереж призводить до необхідності перенесення різних видів трафіку, в тому числі, чутливого до затримок.

До телекомунікаційних мереж відносяться телевізійні, телефоні і радіомережі. І в комп'ютерних і в телекомунікаційних мережах в якості ресурсу передається інформація, але є суттєва відмінність щодо виду її подання. З самого початку комп'ютерні мережі (їх ще називають мережами передачі даних) розроблялись для передачі алфавітно-цифрової інформації, тоді як телекомунікаційні мережі були створені для передачі лише голосових даних і зображення (для телебачення).

Важливим кроком телефонії назустріч комп'ютерним мережам було, перш за все, представлення голосу в цифровій формі, що зробило принципово можливим передачу телефонного та комп'ютерного трафіку одними і тими ж цифровими каналами (телебачення також може сьогодні передавати зображення в цифровій формі).

На даний час замість традиційних методів комутації каналів, які зазвичай використовуються для телефонних мереж, все частіше застосовуються методи комутації пакетів. І на це, звісно ж, є вагомі причини. Основною з яких є та, що за комутації пакетів ефективніше використовується пропускна здатність в каналах зв'язку. Як відомо, в телефонних розмовах значну частину часу з'єднання становлять паузи, так ось саме пакетна комутація дозволяє ці паузи «вирізати» і звільнену пропускну здатність використовувати для з'єднання інших абонентів. Ще однією причиною є та, що на даній технології побудована мережа Інтернет, а вона, як відомо, стає все популярнішою.

Використання технології комутації пакетів для того, щоб одночасно передавати через пакетні мережі трафік різного виду – відео, голосовий та текстовий – спонукало до розробки методів, які зможуть забезпечити

необхідну якість обслуговування (Quality of Service, QoS). Методи QoS застосовують для мінімізації рівня затримок, якщо трафік до них чутливий (наприклад, голосовий) і також, щоб одночасно гарантувати середню швидкість передачі для пульсуючого трафіку.

Метою дипломної роботи є підвищення якості надання послуг в мережах передачі даних на основі аналізу наявних методів забезпечення якості обслуговування.

Відповідно до мети дослідження переді мною постали такі завдання:

- 1) огляд підходів до побудови мультисервісних мереж, звідки випливає актуальність моєї дипломної роботи;
- 2) аналіз вимог, які висуваються до послуг, які надаються в мережах передачі даних;
- 3) огляд варіантів розгортання служби QoS, в залежності до потреб споживачів;
- 4) аналіз стандартів, які регулюють якість послуг;
- 5) огляд характеристик послуг, які впливають на якість обслуговування та аналіз методів оцінки параметрів QoS;
- 6) аналіз методів забезпечення якості обслуговування в мережах передачі даних;
- 7) огляд результатів мого дослідження та розробка аналітичного висновку.

Об'єктом дослідження є процес функціонування сучасних мереж передачі даних, а предметом дослідження – методи забезпечення якості обслуговування в МПД.

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ПІДТРИМКИ ХАРАКТЕРИСТИК ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ В МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖАХ

1.1 Аналіз підходів до побудови мультисервісних мереж

Сучасна тенденція до конвергенції мереж, тобто створення універсальної мультисервісної мережі, здатної надавати послуги як комп'ютерних, так і телекомунікаційних мереж призводить до необхідності одночасного перенесення різних видів трафіку, в тому числі, чутливого до затримок трафіку. Мультисервісною мережею вважається така мережа, яка може одночасно надавати відразу декілька видів різних послуг по одній абонентській лінії. Особливість мультисервісних мереж полягає в тому, що вони зможуть функціонувати як в режимі з комутацією пакетів, так і - з комутацією каналів, надаючи послуги нового покоління – інформаційно-комунікаційні послуги. До таких послуг можна віднести всі послуги, які надаються через доступ до Інтернету, а також послуги VoIP (передача голосу по IP) та IPTV (передача відео по IP).

На сьогоднішній день більшість послуг передаються через мережу Інтернет, доступ до якої відбувається через традиційні мережі зв'язку, але обмежена транспортна інфраструктура Інтернету не дозволяє забезпечити виконання всіх вимог, які висувуються до послуг в Інформаційному суспільстві.

Відмінність інформаційно-комунікаційних послуг від стандартних послуг зв'язку полягає в тому, що:

- інфо-комунікаційні послуги надаються на верхніх рівнях моделі OSI;
- для передачі інфо-комунікаційних послуг необхідно забезпечити наявність клієнтської і серверної частин мережі;

- інфо-комунікаційні послуги підтримують передачу мультимедійної інформації, для якої необхідно забезпечити високу швидкість передачі даних;

- для передачі інфо-комунікаційних послуг мережа має підтримувати велику різноманітність прикладних протоколів.

До таких послуг пред'являються наступні вимоги[26]:

- мобільність послуг;
- можливість гнучкого і швидкого створення нових послуг;
- гарантована якість послуг.

Саме той факт, що стандартні мережі зв'язку не можуть забезпечити необхідний рівень сервісу для передачі інформаційно-комунікаційних послуг, змушує планувати якомога швидший перехід до мереж наступного покоління. Сьогодні ми можемо спостерігати декілька напрямків конвергенції телекомунікаційних і комп'ютерних мереж.

Перш за все спостерігається зближення видів послуг, що надаються клієнтам. Перша спроба створення мультисервісної мережі, здатної надавати різні послуги, в тому числі послуги телефонії і передачі даних, привела до появи в 80-х роках технології цифрових мереж з інтегрованим обслуговуванням (Integrated Services Digital Network, ISDN)[1]. Однак на практиці ISDN надає, в основному, телефонні послуги, а на роль глобальної мультисервісної мережі нового покоління претендує Next Generation Network (NGN).

Мережа зв'язку наступного покоління NGN – Next Generation Network – мережа з пакетною комутацією, придатна для надання послуг електрозв'язку і для використання декількох широкосмугових технологій транспортування з включеною функцією QoS, в якій функції, що пов'язані з обслуговуванням, не залежать від технологій, що застосовуються для забезпечення транспорту. Вона забезпечує вільний доступ користувачів до мереж і конкуруючих постачальників послуг. Вона підтримує універсальну мобільність, яка

забезпечує постійне і повсюдне надання послуг користувачам (за рекомендацією ITU-T Rec. Y.2001)[6].

Перспективна архітектура мереж нового покоління (NGN) припускає створення мультисервісної мережі з винесенням функціональності послуг в граничні вузли мережі, створення спеціальної підсистеми керування послугами у вигляді окремої мережевої підсистеми, а також розширення номенклатури інтерфейсів для підключення устаткування постачальників послуг. Мультисервісні мережі можуть бути створені як новий клас мереж зі забезпеченням можливості взаємодії з існуючими мережами[26].

Найбільш поширеними, на сьогоднішній день, є дві моделі архітектури мультисервісної мережі – чотирьохрівнева та дворівнева.

1.1.1 Чотирьохрівнева архітектура побудови мультисервісної мережі

Чотирьохрівневу архітектуру побудови мультисервісної мережі інколи ще називають площинною. Приклад схеми реалізації архітектури цієї моделі зображено на рис. 1.1.

Дана архітектура мережі наступного покоління включає чотири рівні:

- 1) рівень доступу відповідає за доступ користувачів до ресурсів мережі;
- 2) на транспортному рівні передається інформація між користувачами;
- 3) на третьому рівні відбувається управління всіма процесами в мережі шляхом використання комутатора (Softswitch);
- 4) четвертий рівень визначає різноманітність послуг, які надаються користувачам.

Тепер розглянемо детальніше, що саме відбувається на кожному рівні даної архітектури.

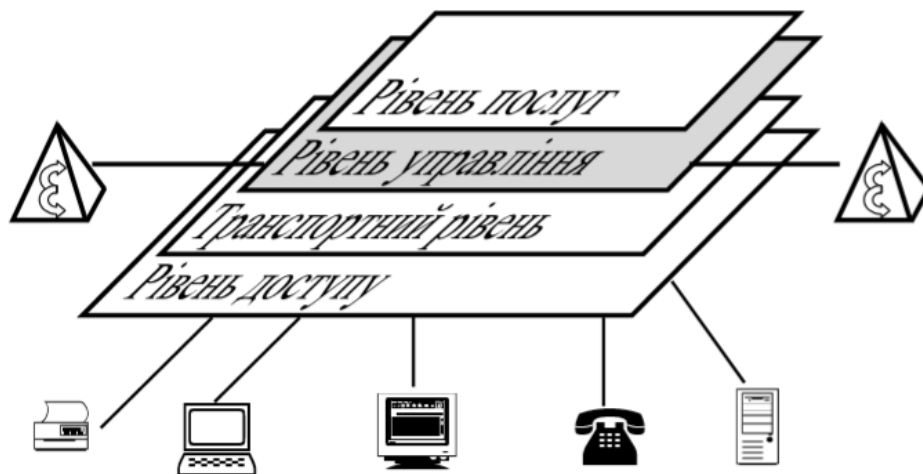


Рис. 1.1 Чотирьохрівнева архітектура мультисервісної мережі[6]

Отже, саме на рівні доступу відбувається підключення користувачів. А також відповідно до того, які технології використовуються (Ethernet, PON, Wi-Fi, LTE тощо) вибирається необхідне обладнання, наприклад, - точки доступу Wi-Fi, Ethernet-комутатори та ін. Мережі доступу мають бути високошвидкісними та надійними, щоб забезпечити споживачів якісними послугами. Можна додати, що на даному рівні відбувається інтеграція мереж мобільного і фіксованого доступу, а також організовується взаємодія між мережами з комутацією каналів і пакетними мережами.

На транспортному рівні розгортається інфраструктура для пакетної передачі різних типів даних (голос, відео, дані) з дотриманням вимог до якості обслуговування (QoS). Для передачі даних можуть застосовуватись такі транспортні технології як TDM (мультиплексування з розділенням за часом), IP (передача по Інтернет-протоколу), ATM (асинхронний режим передачі), IP/MPLS (багатопротокольна комутація з використанням міток). В основному для побудови мультисервісних мереж передбачається використання мультипротокольних транспортних мереж (для передачі різних типів трафіку будуть використовуватись окремі відповідні протоколи).

Основне призначення рівня управління полягає в маршрутизації потоків трафіку. Також на даному рівні виконуються ще такі функції, як:

- 1) обробка інформації маршрутизації;
- 2) зберігання даних користувачів та управління ними;
- 3) взаємодія з серверами додатків.

Реалізовується даний рівень або на базі програмного комутатора (Softswitch), або шляхом використання мультимедійної IP-підсистеми (IMS). Особливості реалізації наряду залежать від планованого набору послуг, які буде підтримувати мережа.

Рівень послуг є розподіленим обчислювальним середовищем, що виконує такі функції[6]:

- надання інфо-комунікаційних послуг;
- управління послугами;
- створення і впровадження нових послуг;
- взаємодія різних послуг.

Будується даний рівень шляхом використання архітектури OSA (Open Services Access), яка є відкритою, і дозволяє створювати нові послуги, та управляти вже наявними.

1.1.2 Дворівнева архітектура побудови мультисервісної мережі

Дворівнева архітектура мультисервісної мережі має відповідно два функціональні рівні (транспортний і рівень послуг), як показано на рисунку 1.2.

До транспортного рівня належать три нижні рівні моделі OSI. Як можна побачити з рис. 1.2. на даному рівні можна реалізувати як передачу даних в режимі комутації пакетів (Connection Oriented Packet Switched, CO-PS), так і - з комутацією каналів (Connection Oriented Circuit Switched, CO-CS), а також підтримується технологія пакетної передачі даних без встановлення з'єднання (Connectionless Packet Switched, CLPS).

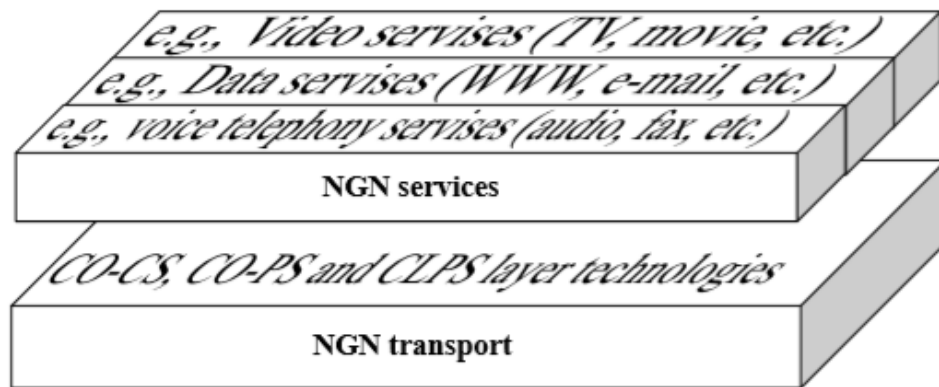


Рис. 1.2 Розподіл функціональності послуг і транспорту[6]

Рівень послуг даної архітектури також створюється шляхом використання архітектури OSA (Open Services Access) і передбачає застосування однієї і тієї ж програмної логіки послуги для всіх транспортних мереж (ATM, IP, FR тощо). За схожим принципом, відповідно до рівня послуг чотирьохрівневої архітектури, тут можна вільно управляти наявними послугами, а також – створювати нові.

Саме із початком впровадження мереж зв'язку наступного покоління прогнозують перехід до Глобального інформаційного суспільства (ГІС). Але, як вже було сказано раніше, мережі NGN мають підтримувати високу якість обслуговування, лише в такому разі створення мультисервісних мереж буде доцільним. Тому в наступному підпункті мною буде розглянуто, які вимоги висуваються до передачі різних типів трафіку з підтримкою вимог до QoS.

1.2 Вимоги, які висуваються до якості надання послуг

Як вже було сказано раніше, основна перевага мережі наступного покоління перед сучасними мережами зв'язку полягає в тому, що вона має забезпечувати високу якість одночасної передачі різних типів трафіку одним каналом зв'язку. Наприклад, можливий варіант, коли по одній абонентській лінії необхідно буде забезпечити клієнту можливість отримати такі види

послуг, як використання Інтернету (передача файлів, доступ до web-сторінок, електронної пошти тощо), IP-телефонії (телефонного зв'язку на основі пакетної комутації), IPTV-послуг (передачі відео зображень по IP мережі). Так як кожна з цих послуг висуває свої вимоги для якісної передачі каналом зв'язку (приклад наведено в таблиці 1.1), то всі вони мають враховуватись при побудові мультисервісної мережі.

Таблиця 1.1

Вимоги до якості обслуговування для різних типів послуг

Параметри QoS Категорія сервісу	Втрата пакетів Р, %	Пропускна спроможність С, кбіт/с	Джитер J, мс	Затримка пакетів Т, мс
IP-телефонія	0,1	64	<150	<300
Відео- конференція	0,8	2048	<30	<100
IPTV	1,5	10240	50	500
Дані	0,1	2048	1000	1000
Відео за запитом	0,05	4096	30	1000

Також при побудові мультисервісної мережі необхідно враховувати, що різноманітні додатки висувають різні вимоги до мережевих характеристик. Приклад таких вимог наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Чутливість різних типів трафіку до різних характеристик мережі

Тип трафіку	Рівень чутливості трафіку до різних характеристик мережі			
	Пропускна спроможність	Втрата Пакетів	Затримка пакетів	Джитер
Голосові дані	Низький	Середній	Високий	Високий
Електронна пошта	Низький	Високий	Низький	Низький
Дані відеоконференцій	Високий	Середній	Високий	Високий
Дані	Високий	Середній	Низький	Низький
IP TV	Високий	Високий	Середній	Високий
Відео за запитом	Середній	Середній	Середній	Високий

1.3 Способи розгортання служби QoS

Підтримка механізмів забезпечення QoS розпочинається завжди із побудови системи надання послуг, на якій вже відповідно розгортається служба підтримки QoS, частиною якої і є методи забезпечення якості обслуговування. Ось чому для повного розуміння того, як можна побудувати мережу, яка буде підтримувати високий рівень сервісу для всіх типів трафіку, необхідно спочатку розглянути особливості побудови систем надання послуг.

1.3.1 Огляд систем надання інформаційно-комунікаційних послуг в залежності від рівня підтримки характеристик QoS

На сьогодні розрізняють три типи систем надання інформаційно-комунікаційних послуг:

- 1) система з максимальними зусиллями (забезпечується сервіс на рівні максимуму можливого);
- 2) система з наданням переваги (забезпечується пріоритетне обслуговування);
- 3) система диференційованого обслуговування, яка забезпечує гарантований сервіс).

Вибір типу системи обслуговування враховує попит та потреби користувачів, а також можливості сервіс-провайдерів. Розглянемо детальніше кожен з таких систем.

Система обслуговування з максимальними зусиллями (її ще називають best-effort service) передбачає такий тип обслуговування, коли взагалі немає ніяких гарантій щодо доставки даних (така система не відноситься до систем з підтримкою QoS) . Тобто її суть полягає в тому, що оператор надає всі наявні ресурси(наприклад, пропускну здатність, розмір буферу), але не гарантує ні дотримання певних вимог до швидкості передачі трафіку, ні навіть не гарантує, що дані взагалі будуть передані. Пакети потоків трафіку тут обробляються за принципом FIFO("перший прийшов – першим пішов"), але якщо буферна пам'ять повністю заповниться, то тоді всі "нові" пакети будуть просто відкидатись, адже дана система не підтримує ніякі механізми забезпечення якості (QoS). Наскільки б великими не були доступні мережеві ресурси, але під час перевантажень, при застосуванні даної системи, уникнути втрат пакетів не вийде. Ось чому і були розроблені дві наступні системи.

Система пріоритетного обслуговування заснована на тому, що трафік ділиться на класи, і кожному класу надається певний пріоритет. Чим цей пріоритет вище, тим більше переваг у даного типу трафіку. Кількісні гарантії показників якості обслуговування тут також не надаються. А під перевагами мається на увазі надання пріоритету в обслуговуванні. Тобто, якщо в один момент на пристрій поступають пакети потоків трафіку з різними пріоритетами, то обслуговуватись вони будуть в порядку від найвищого пріоритету до найнижчого. Також перевагою є те, що під час проміжків часу, коли високо пріоритетний трафік поступає в мережу зі значною інтенсивністю, то під нього може виділятися максимум пропускної здатності мережі, що блокує на певний час обробку низько пріоритетного трафіку. Але в тих випадках, коли трафік з високим пріоритетом не поступає, то всі ресурси мережі виділяються під низько пріоритетний.

Система диференційованого обслуговування з гарантованим сервісом надає кількісні гарантії якості обслуговування відповідно до індивідуальних вимог споживачів. Це забезпечується шляхом резервування певної кількості ресурсів для окремих потоків трафіку. Параметри якості послуг зазначаються в сервісних угодах між операторами та споживачами послуг. Гарантуватись може, наприклад, той факт, що за будь-яких умов для певного типу трафіку буде виділена певна частка пропускної здатності, навіть якщо в той момент інтенсивність надходження інших типів трафіку в мережу буде не менш значною.

На даний час, частіше всього, ці три системи застосовують комбіновано. Саме в такий спосіб можна покрити всю різноманітність телекомунікаційних послуг, приймаючи до уваги також і вимоги споживачів.

Суть схеми комбінованого застосування систем обслуговування полягає в тому, що, перш за все, під високо чутливий трафік (голосовий, або трафік відео конференцій) резервується частина пропускної здатності

мережі(в даному випадку застосовується система гарантованого обслуговування), що надає гарантії в обслуговуванні для цього трафіку. Далі залишок від пропускної здатності мережі виділяється під всі інші типи трафіку, яким вже роздаються пріоритети(від найвищого до найнижчого), щоб вони обслуговувались за певним порядком, а не хаотично, і щоб мінімізувати затримки та втрати пакетів для чутливого трафіку – це вже застосовується система з пріоритетним обслуговуванням. І відповідно, в такому разі для трафіку з найнижчим пріоритетом застосовується система з максимальними зусиллями, адже він буде обслуговуватись в останню чергу (зазвичай це трафік електронної пошти, адже він терпимий до затримок і втрат пакетів).

Для забезпечення виконання вимог щодо якості обслуговування на мережі необхідно розгорнути службу підтримки QoS.

1.3.2 Служба QoS

Служба підтримки QoS створюється задля технічної підтримки мереж передачі даних загального користування, на яких розгортаються системи диференційного обслуговування з гарантованим сервісом. Призначення служби QoS полягає в тому, що вона дозволяє надавати пріоритети в обслуговуванні різним класам трафіку, надає можливість керувати пропускною здатністю мережі, розподіляючи її між різними класами трафіку, а також з її допомогою можна керувати затримками в передачі пакетів, та, навіть, зменшити їх втрати.

В основному виділяють три складові архітектури служби підтримки QoS, які можна побачити на рисунку 1.3[2] :засоби служби підтримки якості надання послуг на вузлі мережі, що здійснюють обробку потоку пакетів, які надходять до вузла відповідно до умов сервісної угоди;

1) протоколи сигналізації служби підтримки якості (QoS-сигналізації), за допомогою яких здійснюється координація роботи мережних елементів в процесі підтримки заданих рівнів послуг при обслуговуванні “із кінця в кінець”;

2) засоби реалізації централізованих функцій підтримки прийнятих правил забезпечення якості обслуговування (у тому числі, функцій керування механізмами служби QoS та обліку її ресурсів), що призначені для цілеспрямованого впливу на мережні елементи з метою раціонального розподілу ресурсів мережі між різними видами трафіку відповідно до умов сервісних угод.

Елементи служби підтримки QoS присутні майже на всіх пристроях мережі, саме тому вона вважається розподіленою. Для керування всіма розподіленими елементами застосовуються протоколи QoS-сигналізації.

Для побудови служби QoS використовують схему "менеджер - агент", - в якості менеджера виступає сервер, який підтримує правила політики QoS, а в якості агентів – засоби, які інтегруються у склад мережевого обладнання, що і реалізують ці правила. Для мережевого керування застосовуються протоколи сигналізації QoS, - вони виступають координаторами, які регулюють роботу механізмів служби QoS під час проходження трафіку мережею (наприклад, для IP мереж застосовують протокол RSVP).

Існує два види систем керування засобами служби QoS – централізована і децентралізована. Різниця між ними полягає в тому, що в разі застосування централізованої системи керування засобами служби QoS формуються єдині правила політики керування, які зберігаються на центральному сервері і підтримуються всіма агентами. Така схема значно спрощує адміністрування мережі, і зменшує імовірність виникнення конфлікту, який може виникати при децентралізованій схемі, коли правила політики формуються на кожному пристрої, що може призвести до того, що окремі мережеві вузли будуть дотримуватись різних принципів в обслуговуванні. Для МПД абонентського доступу можуть застосовуватись

обидві системи керування засобами служби QoS, а для магістральних мереж – лише централізована, тому що це значно спрощує конфігурацію мережі і зменшує кількість помилок, адже достатньо лише зберегти правила керування на сервері, а потім за допомогою протоколів QoS сигналізації ці правила поширюються на всі відповідні пристрої мережі.

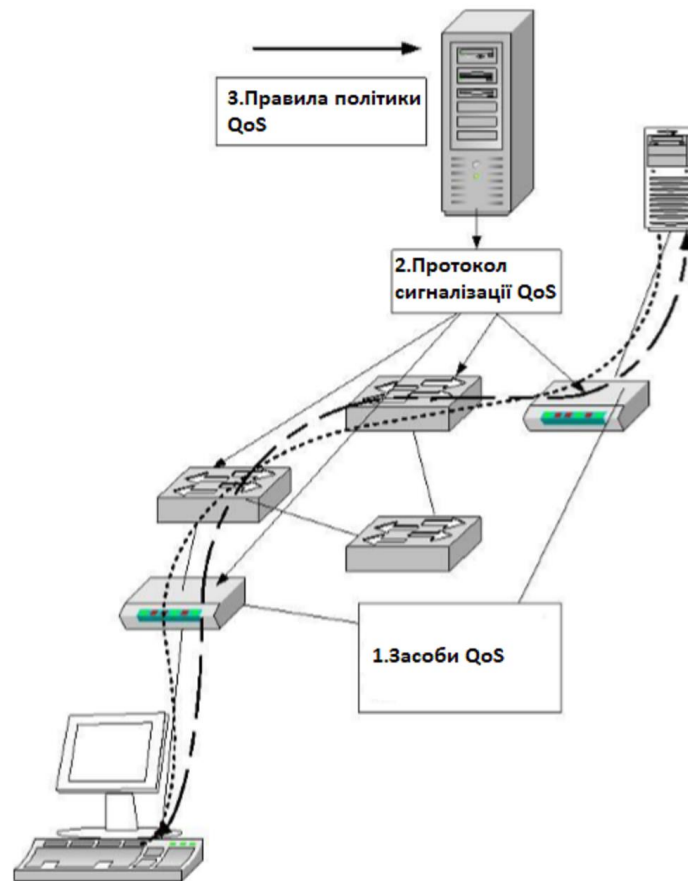


Рис. 1.3 Базова модель служби підтримки якості надання послуг[2]

Для побудови служби QoS на сьогодні застосовуються два типи архітектури – на базі інтегрованих служб (Integrated Services Architecture, Int-Serv) та на базі диференційованих служб (Differentiated Services Framework, Diff-Serv).

Архітектура Diff-Serv частіше застосовується на магістральних частинах мереж, так як вона краще масштабується, ніж Int-Serv, яка орієнтована на периферійне обладнання.

Модель IntServ передбачає інтегровану взаємодію маршрутизаторів мережі, що забезпечує необхідну якість обслуговування вздовж усього шляху потоку трафіку між кінцевими комп'ютерами. Пропускна здатність мережі і буферна пам'ять розподіляються відповідно до QoS запитів додатків, які розповсюджуються шляхом застосування протоколу сигналізації RSVP, який дозволяє резервувати ресурси для кожного потоку. IntServ підтримує три класи обслуговування:

- служба з гарантованим обслуговуванням (guaranteed service) забезпечує гарантовану пропускну здатність і фіксовані затримки;
- служба з максимально доступною якістю (best-effort), - коли якість сервісу залежить від ступеню завантаження мережі (від невеликої до критичної);
- служба з контрольованим завантаженням (controlled load service) адаптує службу з максимально доступною якістю до невеликих мереж.

Але для магістральних мереж модель інтегрованого обслуговування не підходить, адже в такому разі маршрутизатори повинні обслуговувати десятки тисяч мікро потоків трафіку, які проходять через мережу. Маршрутизатори не пристосовані до такого навантаження, через що необхідно повністю переглядати їх архітектуру, що призводить до підвищення вартості послуг.

Саме тому набагато пізніше, ніж Int-Serv, була створена економічно вигідніша архітектура Diff-Serv, яка відрізняється тим, що в ній акцент не на сигналізації, а на способах обробки потоків трафіку на кожній ділянці мережі на основі виділення класів. Тобто кожен крайній маршрутизатор на мережі класифікує і маркує вхідний трафік, розподіляючи його на декілька класів (зазвичай 3-8). Після цього всі інші маршрутизатори обробляють цей трафік диференційно, відповідно до маркування, виділяючи кожному класу трафіку певну кількість ресурсів. Протоколи сигналізації служби QoS в даній архітектурі не застосовуються, резервування ресурсів, частіше всього, виконується вручну адміністратором мережі.

Але досить часто виникають ситуації, коли задля підвищення якості обслуговування виникає необхідність комбінованого застосування Int-Serv і Diff-Serv, саме тому ведуться роботи по розробці правил їх взаємодії.

Висновки:

Аналіз показав, що на даний час можна спостерігати тенденцію до конвергенції мереж (зближення телекомунікаційних і комп'ютерних мереж), ось чому стає актуальною задача побудови універсальної (мультисервісної) мережі. Особливість такої мережі полягає в тому, що на відміну від сучасних систем зв'язку, вона зможе підтримувати як комутацію каналів, так і – комутацію пакетів, і в такому разі мультисервісна мережа зможе надавати всі види послуг. І тоді, коли по одному каналу абонентського доступу надаються послуги різного типу, то виникає необхідність забезпечення їх високої якості. Перехід до мереж наступного покоління призводить до того, що якість має гарантуватись не лише на рівні угод між сервіс-провайдером та споживачем, а й на рівні мереж і технологій. На сьогодні пропонується два підходи до побудови мультисервісних мереж – чотирьохрівнева і дворівнева типи архітектури. За забезпечення якості обслуговування в мультисервісних мережах відповідає служба підтримки QoS, яка складається з операційної та управляючої частин. До функцій служби QoS належить керування трафіком, враховуючи вимоги до QoS, обробка запитів на обслуговування від додатків тощо. На даний час підтримуються два типи архітектури служби QoS - на базі інтегрованих служб (Int-Serv) та на базі диференційованих служб (Diff-Serv). На магістральних частинах мережі зазвичай застосовується Diff-Serv архітектура, а на частинах мережі з абонентським доступом - Int-Serv.

РОЗДІЛ 2.

АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА МЕТОДИК ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ QoS

2.1 Характеристики послуг, які впливають на якість обслуговування

Послуги, за допомогою яких PDU (протокольні блоки даних) передаються мережею називаються транспортними. Вони можуть надаватись на основі обладнання FR (Frame Relay), xDSL, IP, OE (Optical Ethernet), що дозволяє надавати такі види послуг[2]:

- транспортування даних у форматі пакетів IP;
- транспортування даних у форматі фреймів FR;
- транспортування даних у форматі кадрів OE;
- транспортування даних у форматах PDU обладнання xDSL.

Кожен з різновидів транспортних послуг може передаватись при з'єднаннях типу "точка – точка"(в такому разі сервіс-провайдер не відповідає за обладнання абонентського каналу доступу), так і при з'єднанні "споживач - споживач"(в даному випадку сервіс-провайдерам належить відповідальність за обладнання каналів абонентського доступу). Також кожен з типів послуг може використовувати будь-який тип мережевого обладнання (наприклад, IP послуги можна передавати як з використанням обладнання IP, так і при використанні – FR, xDSL, OE).

Як вибраний тип з'єднання впливає на побудову середовища передачі трафіку каналами МПД (мережі передачі даних) можна побачити на рисунку 2.1.

Не завжди є доцільним підтримувати з'єднання типу "споживач - споживач", адже - "точка – точка" є значно економічно вигіднішим. Але все-таки рішення про тип з'єднання приймається відповідно до потреб споживача, а також зважаючи на можливості сервіс-провайдера

Кінцевими вузлами мережі є домени відправників та отримувачів даних, або їх ще називають термінальними вузлами. До складу обладнання

Measurement Point, скорочено позначають MP). Після цього підраховують всі PDU, які проходять через MP впродовж вибраного інтервалу часу, і неважливо, з помилками вони передаються чи без. Швидкість передачі PDU буває миттєвою та середньою, - це залежить від часового проміжку, під час якого відбувається вимірювання. Також розрізняють гарантовану швидкість, межі якої узгоджуються між сервіс-провайдером і споживачем в сервісній угоді, та можливу швидкість при застосуванні системи надання послуг "з максимальними зусиллями". Миттєва швидкість передачі PDU (позначають PDUTS') – це швидкість, яка вимірюється як кількість протокольних блоків даних, які пройшли через вибрану MP за мінімально можливий проміжок часу (зазвичай вибирають 1с). Також існує верхня припустима межа для швидкості PDU, яка позначається PDU_{max} . Значення максимальної швидкості також може узгоджуватись між сервіс-провайдером і споживачем в сервісній угоді. Для проведення оцінки швидкості передачі PDU зазвичай використовують усереднене значення миттєвої швидкості, яке вимірюють на певному часовому інтервалі (зазвичай впродовж 1 години), і позначають PDUTS^o.

Також важливим показником, який впливає на якість доставки даних, є затримка PDU – PDUTD (PDU Transfer Delay). Для вимірювання даного параметру вибирають дві точки – вхідну та вихідну, між якими на маршруті проходження трафіку і визначають затримку. Для затримки PDU також існує усереднене значення, яке позначається PDUTD^o. Вимірюється даний показник як середнє арифметичне всіх значень затримки пакетів трафіку на вибраному часовому проміжку, визначається для всіх PDU (навіть для тих, що передаються некоректно, або з помилками). $PDUTD_{max}$ – це максимально можливе значення затримки PDU (також може зазначатись в сервісній угоді). Для показника затримки PDU виділяють ще такі характеристики як ймовірність перевищення максимальної затримки - $P(PDUTD_{max})$, та максимальну ймовірність перевищення максимальної затримки -

$P_{\max}(PDUTD_{\max})$. Значення цих характеристик можуть також обмежуватись в SLA.

Для оцінки втрат PDU використовується така характеристика як коефіцієнт втрат, позначається PDULR (PDU Loss Ratio). Втрати PDU визначаються відношенням всіх втрачених пакетів до кількості переданих на маршруті проведення вимірювань. Усереднене значення втрат пакетів ($PDULR^0$), визначається після проведення серії сеансів вимірів. Максимальне припустиме значення втрат пакетів визначається серед серії проведених вимірів на певному інтервалі.

Щоб оцінити наскільки коректним є транспортування PDU використовують коефіцієнт некоректно переданих пакетів - PDUER (PDU Error Ratio). Даний коефіцієнт показує кількість ушкоджених пакетів під час передачі на певній частині маршруту, на якій проводиться вимірювання. Ушкодженим вважається такий PDU, вміст якого відрізняється від PDU, який передавався. Визначається PDUER як відношення некоректно переданих PDU до всіх переданих PDU. Визначають також усереднене значення коефіцієнту некоректно переданих пакетів (позначається $PDUER^0$), та максимальну межу PDUER – $PDUER_{\max}$.

Якщо в МПД виникають збої в роботі обладнання, то можуть утворюватися зайві PDU. Швидкість їх утворення позначається аббревіатурою PDUSR (PDU Spurious Rate), і визначається як відношення всіх фальшивих PDU до тривалості всього проміжку, на якому проводилось вимірювання. Може бути усереднене значення кількості утворених зайвих PDU, - $PDUSR^0$, і максимально допустиме значення – $PDUSR_{\max}$.

Серед мережевих характеристик одну з найважливіших ролей в забезпеченні якості обслуговування відіграє доступність обладнання мережі. Дана характеристика визначається коефіцієнтом завантаження мережевого обладнання ($K_{\text{зав}}$). Даний коефіцієнт показує ступінь завантаження мережевого обладнання трафіком, який передається через конкретну мережу. Максимальне значення цього коефіцієнту може дорівнювати одиниці, або

100%, якщо коефіцієнт завантаження мережі (або окремого пристрою) буде більше 100%, то будуть виникати перевантаження, які призведуть до зниження якості обслуговування. Визначається даний коефіцієнт як відношення швидкості PDU до пропускної спроможності конкретного пристрою. Виділяють миттєвий ($K'_{\text{зав}}$) та середній ($K'_{\text{зав}^0}$) коефіцієнт завантаження.

Від усіх цих характеристик напряму залежить якість наданих послуг. Для контролю того, чи дотримуються сервіс-провайдери вимог щодо якості послуг, які ними надаються, розробляються відповідні стандарти. Основні стандарти, які регулюють надання телекомунікаційних послуг, розглядаються в наступному підпункті.

2.2 Огляд стандартів, які регулюють якість надання послуг в мережах передачі даних

Необхідність впровадження стандартів у сфері надання послуг з передачі даних полягає в тому, що створення єдиних вимог дозволить регулювати якість цих послуг.

На міжнародному рівні стандартизацією в телекомунікаціях займаються такі організації як Міжнародний союз електрозв'язку (МСЕ / ITU - International Telecommunication Union), включно з Сектором телекомунікацій (МСЕ-Т) з Сектором радіозв'язку (МСЕ -Р) і з Сектором розвитку електрозв'язку (ITU-D), також Європейський інститут з телекомунікаційних стандартів (European Telecommunications Standardization Institute, ETSI) в партнерстві з 3GPP (3rd Generation Partnership Project), і Міжнародна організація стандартизації (ISO – International Organization for Standardization).

Таким чином, стандарти можна назвати своєрідними погодженнями, які досягаються між відповідними організаціями.

Основним напрямком діяльності МСЕ є розробка рекомендацій, які охоплюють практично всю галузь телекомунікацій і покликані забезпечити взаємодію телекомунікаційних мереж різних країн[9]. Варто ввести уточнення, що МСЕ розробляє не стандарти, а рекомендації (тобто базові положення, які є бажаними для виконання, але не обов'язковими), та в більшості випадків вони сприймаються саме як стандарти.

В секторі МСЕ-Т розробляють рекомендації, які стосуються мереж телефонного зв'язку, мереж доступу, транспортних мереж, мереж фіксованого зв'язку тощо. Розробки сектору МСЕ-Р відносяться до мереж супутникового, бездротового, рухомого зв'язку. Сектор МСЕ-D відповідає за проекти розвитку телекомунікацій. Основні рекомендації МСЕ-Т до QoS описано в таблиці 2.1.

Однією з найважливіших рекомендацій МСЕ-Т в галузі стандартизації вимог до якості обслуговування є рекомендація МСЕ E.800. В ній приводиться визначення, що якість обслуговування – це "сумарний ефект характеристик обслуговування, який визначається як ступінь задоволеності користувача від використання даної служби". Також дуже важливою є рекомендація МСЕ G.1000, адже саме в ній розкриваються вимоги, які висуваються різними типами трафіку до мережевих характеристик.

З рекомендаціями, що були наведені мною вище, а також з багатьма іншими можна ознайомитись за посиланням - <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/index.aspx?ser=H>, але, насправді, таких рекомендацій є набагато більше, проте не всі вони викладаються на сайт з відкритим доступом, до деяких мають доступ лише учасники МСЕ.

Таблиця 2.1

Базові рекомендації MCE-T до QoS

Номер рекомендації	Назва рекомендації	Зміст рекомендації
E.800-E.899	"Якість послуг електрозв'язку: концепції, моделі, цілі та планування надійності"	Наводиться визначення якості послуг та суміжних понять, а також визначаються межі для Сервісної угоди про якість обслуговування (SLA).
F.700-F.799	"Мультимедійні послуги"	Визначаються різні типи мультимедійних послуг та вимоги до них.
G.1000-G.1999	"Якість обслуговування та продуктивність мультимедіа."	Розкривається загальне визначення поняття QoS, визначаються параметри якості обслуговування для різних типів трафіку.
P.80-P.89	"Методи об'єктивної і суб'єктивної оцінки якості мови"	Розкривається метод оцінки ефективності пристроїв передачі мовлення
P.900-P.999	"Аудіовізуальна якість в мультимедійних послугах"	Описуються методи оцінки та вимоги до якості аудіо та відео в мультимедійних послугах
I.600-I.699	"Принципи обслуговування в ISDN мережах"	Описується структура мережі ISDN, її можливості, а також розкриваються вимоги, які до неї висуваються.

У таблиці 2.2 представлено основні документи ETSI.

Таблиця 2.2.

Основні документи ETSI

Номер документу	Назва документу	Зміст документу
ES 202 057-1	"Загальний"	Містить загальні визначення та методи вимірювання параметрів QoS, які можна застосувати до будь-якої служби
EG 202 057-2	"Голосова телефонія, послуги передачі даних по факсу, з'єднання по модему та SMS"	Містить визначення параметрів QoS та методи вимірювання голосу, передачі даних по факсу, послуг передачі даних по модемному з'єднанню та SMS, доступ до яких здійснюється через мережу загального зв'язку. Параметри даних задаються відповідно до Рекомендацій MCE-T V.90 [4] та V.92 [5].
EG 202 057-3	"Параметри QoS, характерні для загальних наземних мобільних мереж (PLMN)"	Містить визначення параметрів QoS та методи вимірювання для Public Land Mobile Network (PLMN).
EG 202 057-4	"Доступ в інтернет"	Містить визначення параметрів QoS та методи вимірювання якості послуг, які характерні для доступу в Інтернет.

ETSI (Європейський інститут з телекомунікаційних стандартів) - це незалежна і некомерційна організація, яка займається розробкою стандартів для телекомунікаційної сфери. На даний час до ETSI входять близько 700 членів з 55 країн (не тільки з Європи, а й з усього світу). Стандартизацією вимог до якості надання телекомунікаційних послуг займається комітет з якості надання послуг при передачі мультимедійної та голосової інформації (Speech and Multimedia Transmission Quality Technical Committee, TCSTQ). Даний комітет тісно співпрацює з 3GPP, MCE та координує їх роботу.

3GPP - The 3rd Generation Partnership Project (Проект партнерства третього покоління) об'єднує сім організацій, які займаються розробкою стандартів в галузі електрозв'язку (ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TSDSI, TTA, TTC). В основному, в сферу розгляду 3GPP входять технології мобільного зв'язку.

Внесок 3GPP в розробку стандартів до QoS в ІКТ є також дуже вагомим, адже всі ті сім організацій, що входять в 3GPP, займаються, в основному, розвитком технологій мобільного зв'язку 4G, 5G, які на сьогодні відіграють надзвичайно важливу роль в сучасному Інформаційному суспільстві. В таблиці 2.3 наведено основні документи 3GPP, які розкривають підходи до QoS.

Стандарти, розроблені ETSI та 3GPP, вже є не просто рекомендаціями, а вважаються обов'язковими до застосування, адже для побудови ГІС (Глобального інформаційного суспільства) мають існувати вимоги і стандарти до мереж передачі даних, і якості обслуговування в даних мережах. Членство в ETSI надає безліч переваг, так як дозволяє приймати участь в розробці стандартів, а також – в першу чергу дізнаватись про всі нововведення, і відповідно, раніше за інших впроваджувати новітні стандарти у різні сфери ІКТ (Інформаційно-комунікаційних технологій).

Таблиця 2.3.

Основні документи 3GPP до QoS

Номер документу	Назва документу	Зміст документу
3GPP TS 22.278 V12.1.0	" Вимоги до обслуговування пакетних систем (EPS) "	Аспекти QoS, які відносяться до мереж LTE
3GPP TS 22.105 V11.0.0	" Послуги та сервісні можливості "	Послуги та параметри якості, які стосуються мереж рухомого зв'язку
3GPP TR 23.802 V7.0.0	" Архітектурні удосконалення для якості обслуговування з кінця в кінець "	Описані сценарії для встановлення з'єднань в мережах, які будуються на технології комутації пакетів, з урахуванням характеристик QoS
3GPP TS 29.213	" Політика взаємодії сигналів та відображення параметрів якості обслуговування (QoS) (ETSI TS 129.213) "	Модель, яка описує застосування параметрів QoS між протоколами верхнього і нижніх рівнів
3GPP TS 23 207 V11.0.0	Концепція та архітектура якості обслуговування (QoS) з кінця в кінець	Вимоги, які висуваються до QoS в мережах, побудованих на технології комутації пакетів

2.3 Базові схеми і методи вимірювань параметрів QoS

Щоб забезпечити підтримку стандартів до якості обслуговування має існувати можливість оцінити якість наданих послуг.

Для визначення кількісних значень показників QoS і їх подальшої оцінки використовують метод вимірювання. Для кожного з параметрів якості

обслуговування застосовують окремі схеми вимірювань. Зазвичай застосовують методи для оцінки показників QoS, які базуються на:

1) схемі прямих вимірів показників, коли замість реального трафіку застосовують тестовий. Прикладом може слугувати метод, який отримав назву RTT (Round-Trip Time), який використовують для визначення часу проходження IP-пакетів між двома точками (від відправника до одержувача) в обох напрямках за певний проміжок часу;

2) схемі вимірів, що базується на функціональній залежності між параметрами. Для прикладу можна привести метод вимірювання затримки між пакетами. Його суть полягає в тому, що, для початку, вибирається певний фіксований розмір пакетів, а вже потім затримка на всьому шляху проходження пакетів визначається як сума таких затримок на кожній окремій ділянці маршруту;

3) застосуванні закону статистичного розподілу значень певного параметру QoS. Для цього необхідно знати статистичний закон розподілу, і знати набір значень даного показника, які вимірювались у попередні проміжки часу. Таку схему вимірювань застосовують для оцінювання значення пропускної спроможності мережі на певному часовому інтервалі. Для цього необхідно знати за якою схемою надходять потоки пакетів трафіку, які є затримки в проходженні пакетів мережею, а також – значення пропускної спроможності, визначенні на попередніх проміжках часу.

Існує ряд вимог до проведення вимірювань, які обов'язково мають виконуватись, щоб результати вимірів були коректними. Серед них можна виділити три основні:

1) всі виміри необхідно виконувати відповідно до перевірених методик, ефективність яких є науково доведена;

2) вимірювання, які виконуються за ідентичною схемою при одних і тих самих умовах повинні давати однакові результати;

3) при незначній зміні схеми проведення вимірювань відхилення в результатах мають також бути незначними.

Також завжди при вимірюванні параметрів якості обслуговування необхідно враховувати значення можливих похибок у вимірах. Похибки можуть виникати як під час самих вимірювань (недосконалість схеми вимірювань, невідповідність умов, некомпетентність персоналу, похибки в інструментальних засобах тощо) так і під час обробки і при оцінці вимірювань. Тому всі ці похибки потрібно враховувати, і, за можливості, мінімізувати, наприклад шляхом створення вимог до обладнання, та до умов проведення вимірів.

Більшість схем для визначення параметрів QoS базуються на часових вимірюваннях. Ось чому дуже важливо, в даному випадку, враховувати можливі виникнення похибок у приладах, які вимірюють час.

У документі RFC (містить технічні специфікації і стандарти), який розробляється IETF (Internet Engineering Task Force) під егідою відкритої організації ISOC (Internet Society) під номером 1305 визначені характеристики таймерів, які можуть бути використані для оцінювання якості їхнього функціонування. Зокрема похибка таймера (offset) у певний момент часу визначається як різниця між зареєстрованим часом та «дійсним» (true) часом (загальним скоординованим часом, Universal Coordinated Time, UTC). Тобто, якщо зареєстрований час у відповідності із інструментальним таймером дорівнює T_s , а «дійсний» час дорівнює T_t , то похибка таймера буде визначатись як $T_s - T_t$. Точність (accuracy) таймера у даний момент часу визначається тим, на скільки абсолютне значення його похибки буде відмінним від нуля[2]. Також для таймерів ще враховують такі величини як частота розфазування та роздільна здатність. Перша визначається як різниця між частотами еталонного та досліджуваного таймерів, а роздільна здатність таймера – це найменше значення часу, на яке можуть змінюватись показання таймера. І при вимірюванні параметрів QoS потрібно не забувати, що таймер може мати низьке (або нульове) значення розфазування та високу роздільну здатність, але при цьому не бути точним.

При вимірюванні багатьох показників відіграє дуже важливу роль синхронність двох таймерів, - коли один таймер є точним по відношенню до іншого (при цьому його значення відносної похибки має дорівнювати нулю). Але, як і в попередніх прикладах, синхронність таймерів не забезпечує точність вимірювань.

Ось чому для проведення достовірних вимірювань параметрів якості обслуговування недостатньо слідувати лише методикам проведення вимірів (наскільки б вони не були досконалими), а також необхідно визначати дотримання вимог до якості пристроїв, що визначають час.

Серед інших чинників, які можуть мати значний вплив на точність вимірювань параметрів QoS можна виділити апаратне та програмне забезпечення на вузлах мережі, що приймає безпосередню участь в процесі проведення вимірів. Тому важливо проводити ретельне тестування таких засобів перед їх використанням, тому що в разі некоректної роботи обладнання або програмного забезпечення похибки у вимірах можуть бути дуже значними.

Ще одним фактором, який може суттєво впливати на точність проведення вимірювань, є протокольні блоки даних (PDU), точніше – їх тип і розмір. Такі показники як час проходження пакетів мережею, їх затримка і втрати можуть суттєво відрізнятись для різних PDU. Ось чому при оцінці певного показника якості обслуговування необхідно вказувати який тип PDU використовувався.

Параметри, які використовують для визначення якості послуг або якості обслуговування, розподіляють (за способом визначення) на три групи[2]:

- 1) параметри, для визначення яких необхідно виконати одиничне вимірювання. Наприклад, для визначення пропускної здатності каналу зв'язку між відправником протокольних блоків даних та їх одержувачем необхідно виконати однократну процедуру вимірювання кількості PDU, що були одержані протягом часу спостереження;

2) параметри, для визначення яких необхідно виконати багатократні вимірювання. Наприклад, для визначення затримки в передачі IP-пакетів може знадобитись реалізація послідовності вимірювань, виконаних протягом 1 години з середнім інтервалом між кожним вимірюванням, що дорівнює 1 с;

3) параметри, для визначення яких необхідно виконати статистичну обробку результатів послідовності вимірювань. Наприклад, середню затримку в передачі пакетів визначають шляхом статистичної обробки результатів зазначеної вище послідовності вимірювань.

Частіше всього під час визначення параметрів якості обслуговування виконують не одиничне вимірювання, а серію. Адже важливо враховувати, що значення вимірюваної величини може напряму залежати від умов проведення дослідження, та навіть від дня тижня.

Одним з найпростіших методів оцінки значень показників якості обслуговування є вимірювання їх значень через певні однакові інтервали часу. Звісно, тут також можуть бути похибки. Наприклад, якщо період проведення вимірів буде кратним до періоду зміни показника QoS, який вимірюється, то таке вимірювання буде некоректним, і ми отримаємо похибку.

Наприклад, розглянемо метод вимірювання величини затримки в передачі пакетів, який називається RTT (Round-Trip Time). Його суть полягає в тому, що певна кількість пакетів через однакові інтервали часу пересилається від відправника до одержувача, а потім назад. Якщо, наприклад, на маршруті проходження пакетів виникнуть якісь непередбачувані перешкоди (перевантаження якогось мережевого пристрою, чи заповнена буферна пам'ять), то таке вимірювання вже буде неточним, що ще раз підтверджує той факт, що вимірювання доцільно проводити серіями, а не одиничним виміром. На рис. 2.2 зображена схема роботи алгоритму RTT.

Щоб вимірювання величин при використанні методу RTT були достовірними необхідно дотримуватись певних обмежень. Наприклад, інтервал між надходженням пакетів, який позначається літерою τ не має бути

дуже малим, адже в такому разі виникатимуть черги під час проходження пакетів мережею, що призведе до того, що вимірне значення не буде відповідати реальному. Щоб на маршруті руху пакетів мережею не виникали черги потрібно їх надсилати через мінімальне значення τ , за якого вони не будуть впливати одні на одних. Значення інтервалу T вибирається (зменшується, чи збільшується) відповідно до мети дослідження та умов, в яких воно проводиться.

Але не завжди можна отримати достовірні результати вимірювання, якщо проводити виміри через фіксовані проміжки часу. Набагато частіше використовуються методи для проведення вимірювань якості обслуговування, які проводяться не через фіксовані проміжки часу, а через випадкові, тобто відповідно до закону розподілу $G(t)$ (розподілу Пуассона). В такому разі неможливо передбачити час надсилання наступної групи пакетів, адже даний розподіл з коефіцієнтом λ є експоненціальним і описується формулою

2.1:

$$G(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (2.1)$$

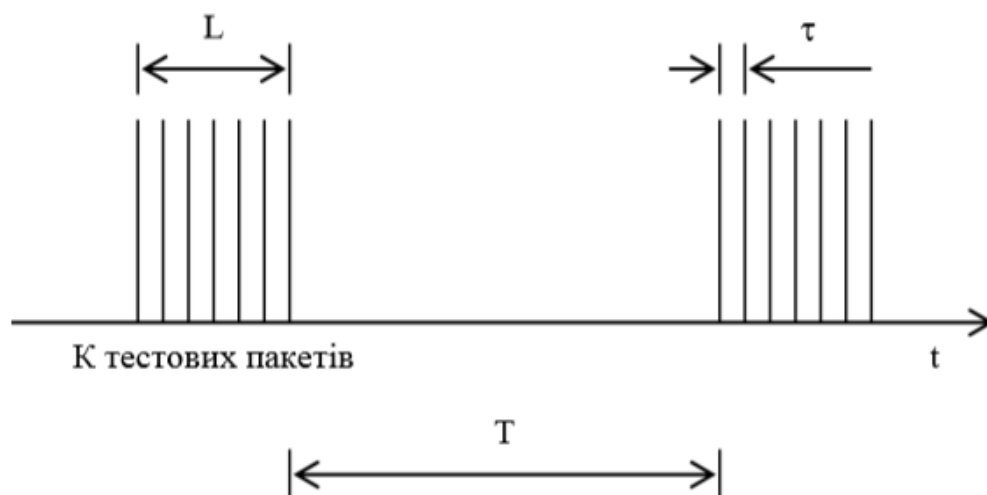


Рис. 2.2 Схема алгоритму RTT[2]

В документі RFC 2330 зазначається, що для вимірювань параметрів QoS

рекомендується застосовувати саме розподіл Пуассона. Розглянемо найпоширеніший варіант проведення вимірів, застосовуючи даний закон розподілу. Його суть полягає в тому, що спочатку необхідно визначити коефіцієнт λ , який є обернено пропорційним до інтервалу між вимірами T ($\lambda = 1/T$). Далі необхідно згенерувати випадкові експоненційно розподілені числа (наприклад, M_1, M_2, M_3 і т.д.). Далі впродовж кожного з періодів, які є кількісними значеннями цих випадкових чисел в секундах, проводяться відповідні вимірювання. Щоб отримати випадкові проміжки часу M_n , можна скористатись комп'ютерними системами генерації випадкових чисел – сформувати числа $N_1, N_2, N_3 \dots, N_n$, і тоді отримати значення інтервалів за формулою 2.2:

$$M_n = - \frac{\log(N_n)}{\lambda} \quad (2.2)$$

Але не завжди використання розподілу Пуассона є доцільним, адже в такому разі інтервал між вимірами ніяк не обмежується. Тому в окремих випадках можна застосовувати рівномірний розподіл. В такому разі всі виміри проводять із фіксованим значенням імовірності p .

Незважаючи на всю різноманітність схем і методів для вимірювання параметрів якості обслуговування в мережах транспортування трафіку, не можна, на сьогодні, виділити один універсальний прийом, який би дозволив проводити виміри однаково добре для всіх показників, одночасно на всіх типах трафіку і при будь-яких умовах. Найкраще всього підбирати методику проведення вимірів індивідуально для кожного параметру, та умов, в яких буде проводитись вимірювання, беручи до уваги, і тип трафіку, і розмір тестових одиниць даних (PDU), і відповідність засобів проведення вимірювання, апаратного та програмного забезпечення до умов, в яких дане вимірювання буде відбуватись.

Висновки:

Аналіз показав, що на якість обслуговування в значній мірі впливають характеристики передачі PDU (протокольних блоків даних) в каналах зв'язку. В основному виділяють – швидкість передачі PDU, їх затримку, втрати, коефіцієнт некоректно переданих PDU. Для мережі основною характеристикою є коефіцієнт завантаження. З урахуванням всіх цих характеристик для вимог щодо забезпечення QoS розробляються стандарти, які регулюють якість надання послуг. Але одних стандартів недостатньо, для їх застосування мають існувати механізми оцінки якості наданих послуг. На сьогодні для оцінки забезпечення якості обслуговування застосовують, в основному, методи засновані на проведенні вимірювань і подальшій оцінці отриманих результатів, або ж – на застосуванні закону статистичного розподілу певного показника QoS.

РОЗДІЛ 3.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ В МЕРЕЖАХ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

Серед механізмів забезпечення якості обслуговування в МПД виділяють 6 основних груп методів. В свою чергу дані групи методів можна розподілити на три глобальніші групи за принципом їх впливу на перевантаження в мережі:

- 1) група методів, які спрямовані на боротьбу з перевантаженнями;
- 2) група методів, які запобігають виникненню перевантажень;
- 3) робота мережі в недовантаженому режимі.

Розглянемо детальніше принцип застосування кожного методу.

3.1 Методи, спрямовані на боротьбу з перевантаженнями

До методів, які спрямовані на мінімізацію негативних наслідків перевантажень в мережі можна віднести:

- 1) алгоритми управління чергами;
- 2) механізми кондиціонування трафіку.

3.1.1 Алгоритми управління чергами

Техніка управління чергами є необхідною для будь-якої пакетної мережі, тому що в будь-якій мережі інколи можуть виникати тимчасові перевантаження мережевих пристроїв, коли вони не справляються з видачою пакетів на вихід в тому темпі, в якому вони поступають. В тому випадку, коли перевантаження відбувається через те, що процесорний блок мережевого пристрою не встигає обробляти вхідні пакети, то необроблені пакети, тимчасово, поміщаються у чергу, яка пов'язана із вхідним інтерфейсом мережевого пристрою. Якщо причина перевантаження пов'язана з тим, що вивідний інтерфейс обмежений по швидкості (швидкість завжди буде обмеженою теоретично максимальною швидкістю роботи пристрою), тоді пакети тимчасово зберігаються у вихідній черзі. Таких черг на вхід /

вихід завжди може бути декілька, якщо запити на обслуговування розподіляються по різних класам трафіку.

Процес виникнення черг напряду залежить від коефіцієнту завантаження пристрою, який вимірюється відношенням середньої сумарної інтенсивності вхідного трафіку до середньої сумарної інтенсивності вихідного трафіку цього пристрою на певному часовому інтервалі. Тобто, якщо інтенсивність надходження пакетів на пристрій є вищою, ніж інтенсивність їх виведення, то в такому разі коефіцієнт завантаження буде більшим одиниці, і тоді в буферній пам'яті вхідного інтерфейсу виникне черга, довжина якої може наближатись до нескінченності (при тривалому збереженні таких умов), якби не застосовувались механізми обробки черг. Якщо ж коефіцієнт завантаження пристрою становить менше одиниці, то ясна річ, що в такому разі черги не виникають. Але враховуючи те, що коефіцієнт завантаження пристрою вираховується в межах інтервалів усереднення, то потрібно враховувати варіації швидкості надходження пакетів (наприклад, при передачі пульсуючого трафіку), адже в такому разі черги можуть виникати навіть тоді, коли значення коефіцієнту завантаження менше одиниці, і більш того, ці черги можуть мати досить суттєву середню довжину. Тобто чим більшим буде розмах варіації надходження пакетів, тим більшими можуть бути черги. Ось чому не можна стверджувати, що імовірність виникнення черг залежить лише від коефіцієнта завантаження пристрою, тому що варіації в швидкості надходження пакетів є також важливим фактором. Відомо, що навіть при значенні коефіцієнту завантаження пристрою на рівні 0,5 можуть виникати значні затримки доступу до ресурсів мережі, тому часто доводиться утримувати рівень завантаження таких сегментів мережі при значенні коефіцієнту навантаження не більше 0,3.

Виникнення черг негативно впливає на якість обслуговування трафіку. При передачі пакетів затримки виникають досить часто, і до того ж завдяки варіаціям в швидкості надходження пакетів, вони мають непостійний

характер. Буває, що за значного зростання черг пакети просто перестають поміщатись у буферну пам'ять мережевого пристрою і втрачаються. І саме для нейтралізації негативного впливу черг на якість обслуговування служба QoS використовує такі методи[1]:

1) попереднє резервування частини пропускної спроможності мережевого обладнання для потоків з відомими (і обумовленими в SLA) значеннями параметрів QoS (наприклад, з відомими значеннями середньої інтенсивності потоку і його пульсації);

2) примусове профілювання вхідного трафіку таким чином, щоб полегшити умови підтримки коефіцієнта завантаження пристрою на бажаному рівні;

3) використання складних алгоритмів керування чергами, враховуючи тонку структуру характеристик реального трафіку.

Найчастіше застосовуються чотири методи обробки черг:

- стандартний алгоритм FIFO;
- метод пріоритетного обслуговування (Priority Queuing);
- метод зваженого обслуговування (Weighted Queuing, WQ);
- метод зваженого справедливого обслуговування (Weighted Fair Queuing, WFQ).

Алгоритм FIFO

Для алгоритму FIFO реалізується принцип "перший прийшов – першим пішов" (First In - First Out). Тобто під час надмірних навантажень мережі пакети поміщаються в одну загальну чергу, і надалі вибираються з черги в тому порядку, в якому вони поступили на вхід. У всіх пристроях з комутацією пакетів алгоритм FIFO - це вбудований алгоритм обробки черги, який автоматично реалізується без втручання адміністраторів мережі. Його перевага - у простоті реалізації, а також у відсутності необхідності спеціальної конфігурації обладнання. Більшість маршрутизаторів в пакетних

мережах оптимізовані для роботи саме з цим алгоритмом обробки пакетів в чергах[2].

Найкраще застосовувати алгоритм FIFO тоді, коли потоки вхідного трафіку мають рівномірний характер з мінімально можливими короткочасними сплесками, за таких умов його використання буде досить ефективним, адже, якщо черги і будуть з'являтися, то скоріш за все, - невеликі за розміром і середня затримка пакетів в чергах буде незначною. Але коли навантаження мережі збільшується, то це призводить до зростання довжини черги, і тоді в певний момент пам'ять, виділена під чергу, заповниться, і всі нові пакети будуть просто знищуватись. Ясна річ, що це призводить до погіршення якості надання послуг. Даний метод має ще один суттєвий недолік – він не дозволяє диференційовано обробляти пакети різних потоків, в залежності від класу трафіку. Тобто, наприклад, пакети голосового трафіку, який чутливий до затримок, будуть оброблятись на рівних підставах з пакетами електронної пошти, які терпимі до затримок (і, в свою чергу, можуть резервувати ресурси мережевих пристроїв на певний час, блокуючи цим передачу інших типів трафіку, що є недопустимим). Цей алгоритм є необхідною передумовою для нормальної роботи мережевих пристроїв, але він не здатний забезпечити роботу служб QoS.

Метод пріоритетного обслуговування (Priority Queuing)

Алгоритми пріоритетного обслуговування черг застосовуються в тому разі, коли через канал зв'язку транспортується трафік різних типів і необхідно забезпечити пріоритетне обслуговування одним класам трафіку над іншими. Класифікація трафіку є окремим завданням. Пакети можуть розбиватися на пріоритетні класи на підставі різних ознак: адреси призначення, адреси джерела, ідентифікатора додатка, що генерує цей трафік, та будь-яких інших комбінацій ознак, які містяться в заголовках пакетів. Правила класифікації пакетів є частиною політики адміністрування мережі[1]. Механізми

класифікації трафіку можуть розміщуватись у будь-яких комунікаційних пристроях (досить часто їх розташовують на кордонах мереж, наприклад, на комутаторах, до яких підключаються комп'ютери користувачів, або ж на маршрутизаторах мережі постачальників послуг). В такому разі необхідно для пакетів всіх типів трафіку, який обробляється даною мережею, в спеціальному полі вказувати його пріоритет, щоб і решта пристроїв, які не проводять класифікацію, могли обробляти цей трафік. Таке поле міститься в заголовках багатьох мережових протоколів.

Пріоритети пакетам потоків даних можуть призначатися не тільки за допомогою відповідних механізмів вузлових комутаторів або маршрутизаторів, але і на рівні додатків користувачів безпосередньо в вузлах-відправниках[2].

Також, не потрібно забувати, що в мережі повинна бути централізована політика призначення пріоритетів. Адже, якщо якийсь пристрій "не погодиться" із пріоритетом пакета, який був йому призначений раніше, то він замінить цей пріоритет відповідно до власної локальної політики.

Взагалі, механізм пріоритетної обробки черг працює наступним чином. У мережевому пристрої створюється декілька черг – по одній для кожного класу трафіку. В моменти перевантажень мережі, пакети поміщаються в черги, відповідно до пріоритетних класів. Наприклад, як зображено на рисунку 3.1, де використовується чотири черги: з високим, середнім, нормальним та низьким пріоритетами.

Відповідно до даної схеми, спочатку будуть оброблятися пакети з черги з найвищим пріоритетом, потім – з середнім, і лише в самому кінці, коли решта черг повністю звільняться, то будуть оброблятися пакети з черги низько пріоритетного трафіку. Пакети, які очікують на обслуговування в чергах, розміщуються в буферній пам'яті мережевого пристрою. Але в будь-який момент пам'ять може заповнитись, і всі "зайві" пакети будуть просто знищуватись. Зазвичай, всім чергам надаються однакові розміри буферної пам'яті, але диференційоване обслуговування повинно забезпечувати

можливість створення буферів з індивідуальним розміром пам'яті для кожної черги.

Зазвичай, щоб визначити розмір буферної пам'яті для трафіку з деяким пріоритетом, враховують такі показники, як "цінність" трафіку для користувачів, його інтенсивність і пульсації, - чим вищі їх значення, тим більше пам'яті необхідно виділити. На рис. 3.1 найбільше пам'яті виділяється під трафік з найвищим пріоритетом, та – з нормальним(можна припустити, що він має, наприклад, високу інтенсивність).

Метод пріоритетного обслуговування черг найкраще застосовувати тоді, коли необхідно забезпечити високу якість обслуговування для певного класу трафіку(йому призначається найвищий пріоритет в обслуговуванні), але в такому разі необхідно також враховувати, що якість обробки всього іншого трафіку, який передається цією мережею, буде суттєво нижчою, ніж у пакетів високого пріоритетного. Наприклад, якщо станеться так, що мережевий пристрій буде завантажений трафіком високого пріоритету на 100% (коефіцієнт завантаження буде наближатись до 1), то пакети всіх інших видів трафіку не будуть оброблятися взагалі, що також може призвести до їх втрати. Тому даний алгоритм краще всього застосовувати для чутливого до затримок трафіку, який має невисоку інтенсивність (наприклад, для - голосового).

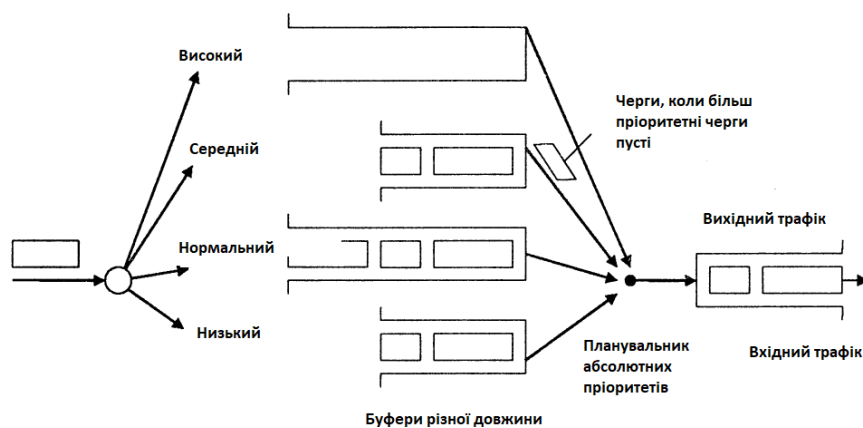


Рис. 3.1 Пріоритетне обслуговування черг в пакетних мережах[2]

Метод зваженого обслуговування (Weighted Queuing, WQ)

Метод зважених черг розроблявся як вдосконалений метод пріоритетного обслуговування. Але він відрізняється тим, що для кожного класу трафіку, в залежності від його вагового значення (яке присвоюється адміністратором мережі), надається вже не пріоритет, а – відсоток пропускної здатності мережевих ресурсів. Таким ресурсом для вхідних потоків є процесор, а для вихідних – вихідний інтерфейс. На прикладі, наведеному на рисунку 3.2, мережевий пристрій підтримує п'ять окремих черг для кожного з п'яти класів трафіку. Цим чергам з урахуванням можливості виникнення перевантажень виділяється відповідно 10%, 10%, 30%, 20% і 30% пропускної спроможності мережевого інтерфейсу[2].

Реалізується даний метод за рахунок того, що черги обслуговуються послідовно. В кожному циклі з кожної черги вибирається певна кількість пакетів на обробку (в пропорції до кількості пакетів з інших черг), в залежності від присвоєного їй вагового значення. За рахунок цього кожен клас трафіку отримує мінімум пропускної здатності мережі, і досить часто це набагато бажаніший результат, ніж коли високо пріоритетний трафік повністю монополізує всі ресурси мережі.

В загальному випадку, при застосуванні даного алгоритму є можливими більш високі значення затримок пакетів, ніж при методі пріоритетного обслуговування для трафіку з найвищим пріоритетом. Але так забезпечується справедливіше обслуговування всіх видів трафіку. На рівень затримок тут впливає відносний коефіцієнт завантаження. Він визначається як відношення інтенсивності вхідного трафіку певного класу до пропускної спроможності, виділеної цьому класу відповідно до його вагового значення. Тобто, чим менший коефіцієнт завантаження, тим менші черги та варіації затримок пакетів.

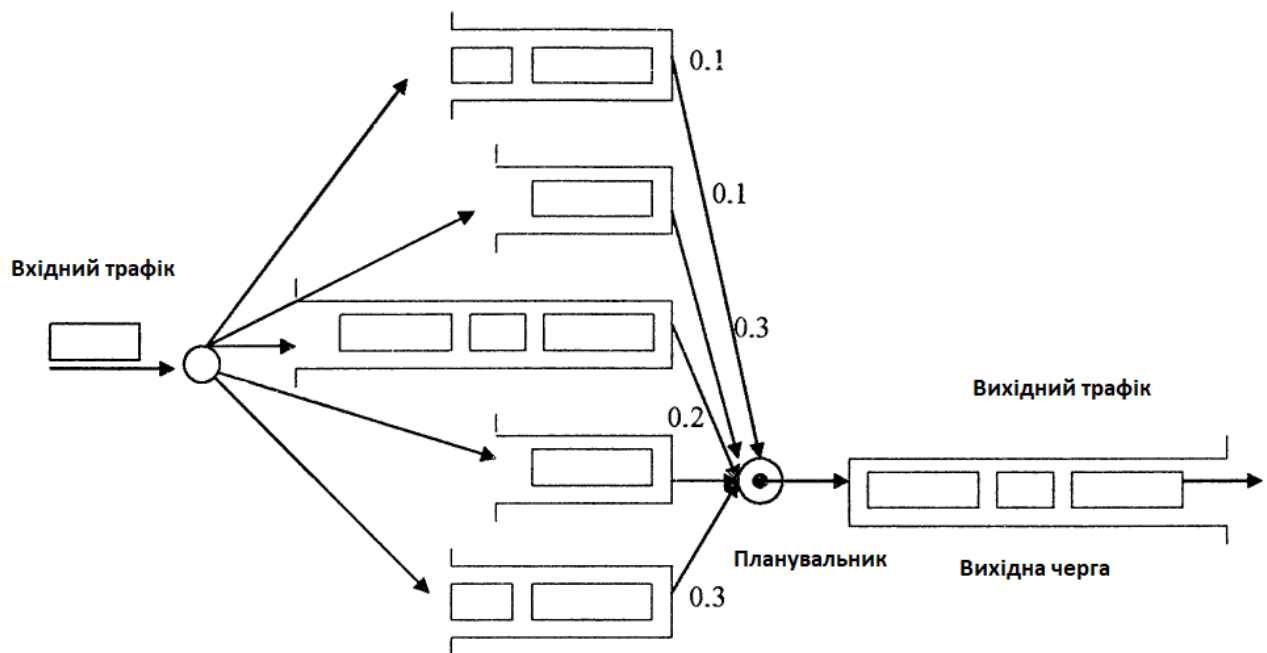


Рис. 3.2 Зважене обслуговування черг в пакетній мережі[2]

Інколи зважене обслуговування призводить до зростання втрат пакетів під час перевантаження мережі (за рахунок зменшення пам'яті буфера для черг різних класів), але разом з тим, цей метод дозволяє зменшити час очікування для тих пакетів, які все-таки потрапили в чергу для подальшої обробки.

Метод зваженого справедливого обслуговування (Weighted Fair Queuing, WFQ)

Особливість алгоритму зваженого справедливого обслуговування полягає в тому, що при використанні даного методу в періоди перевантажень мережі пропускна здатність розподіляється порівну між всіма потоками трафіку. Якщо ж стається так, що для якогось потоку трафіку цей період не є періодом перевантаження, то черга, виділена під цей клас просто ігнорується, а її час обслуговування розподіляється між іншими чергами. Тобто, інколи, буває так, що певні види трафіку можуть отримувати набагато більше пропускної здатності, ніж відповідний відсоток, який їм виділяється.

Комбіновані механізми обслуговування черг

Кожен з розглянутих вище методів має як переваги, так і недоліки. Наприклад, метод пріоритетного обслуговування забезпечує лише якісну обробку черги для трафіку з найвищим пріоритетом, а метод зваженого обслуговування не враховує вимоги до затримок. Тому досить часто методи обслуговування черг застосовують комбіновано. Наприклад, досить популярним є варіант, коли існує одна черга з найвищим пріоритетом (для чутливого до затримок трафіку), а відсоток пропускної здатності мережі, який залишився, розподіляється між всіма іншими типами еластичного трафіку. Це дозволяє обмежити високо пріоритетний трафік і забезпечити обслуговування всіх інших видів трафіку.

3.1.2 Механізми кондиціонування трафіку

Механізми кондиціонування трафіку (в комбінації з методами обслуговування черг) дозволяють реалізувати основну ідею всіх методів QoS – диференційоване обслуговування різних видів трафіку із забезпеченням високої якості обслуговування. Черги з різними алгоритмами дозволяють реалізувати тільки одну частину цієї ідеї - вони виділяють певну частку пропускної спроможності для деякого потоку пакетів. Друга ж частина завдання - забезпечення необхідної якості обслуговування потоку - вирішується обмеженням його швидкості. Швидкість, а також пов'язаний з нею відносний коефіцієнт використання пропускної здатності не повинні перевищувати значень, граничних для підтримки необхідної якості обслуговування. Цю задачу вирішують механізми кондиціонування трафіку, що включають класифікацію, профілювання і формування трафіку[1].

Класифікація трафіку

Механізми класифікації забезпечуються за допомогою засобів фільтрації трафіку, які зазвичай знаходяться в маршрутизаторах і

комутаторах пакетних мереж. Для цього використовуються такі ознаки пакетів як тип протоколу(прикладного рівня, чи транспортного), адреси джерела і призначення тощо.

Профілювання трафіку

Метод профілювання дозволяє впливати на швидкість потоку пакетів трафіку. Даний механізм в якості параметра використовує середню швидкість потоку пакетів, яка вимірюється на певному інтервалі часу. Тобто ця швидкість є обмеженою(максимальне значення прописується в SLA), і завдяки цьому ті пакети, які не вкладаються в дане обмеження просто відкидаються, або переміщаються в черги класів трафіку з нижчими пріоритетами. Частіше всього даний метод застосовують, щоб обмежити трафік, який потрапляє в чергу з найвищим пріоритетом, адже це єдиний метод, який дозволяє запобігти витісненню всього іншого трафіку.

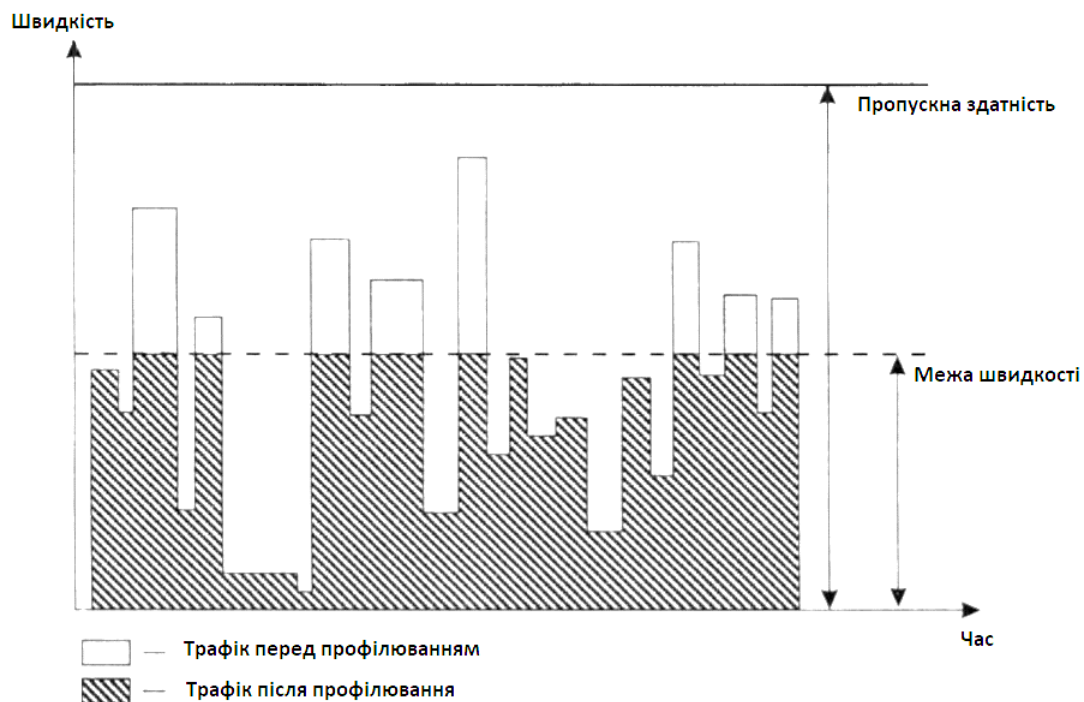


Рис. 3.3 Ефект профілювання трафіку[1]

Як видно з рисунку 3.3, де зображено значення зміни швидкості трафіку до і після профілювання, то даний метод дозволяє утримувати швидкість потоку пакетів на заданому рівні.

Формування трафіку

Метод формування трафіку подібний до профілювання тим, що застосовується для утримання середньої швидкості потоку пакетів трафіку в межах певного рівня, але це досягається дещо іншим способом. Відмінність даного механізму полягає в тому, що всі "зайві" пакети, які можуть призвести до перевищення ліміту швидкості не відкидаються, а затримуються. Ефект від використання даного методу можна побачити на рисунку 3.4. Надалі, пакети трафіку, які були затримані, переміщаються в ті інтервали часу, де середня швидкість потоку є нижчою встановленої межі.

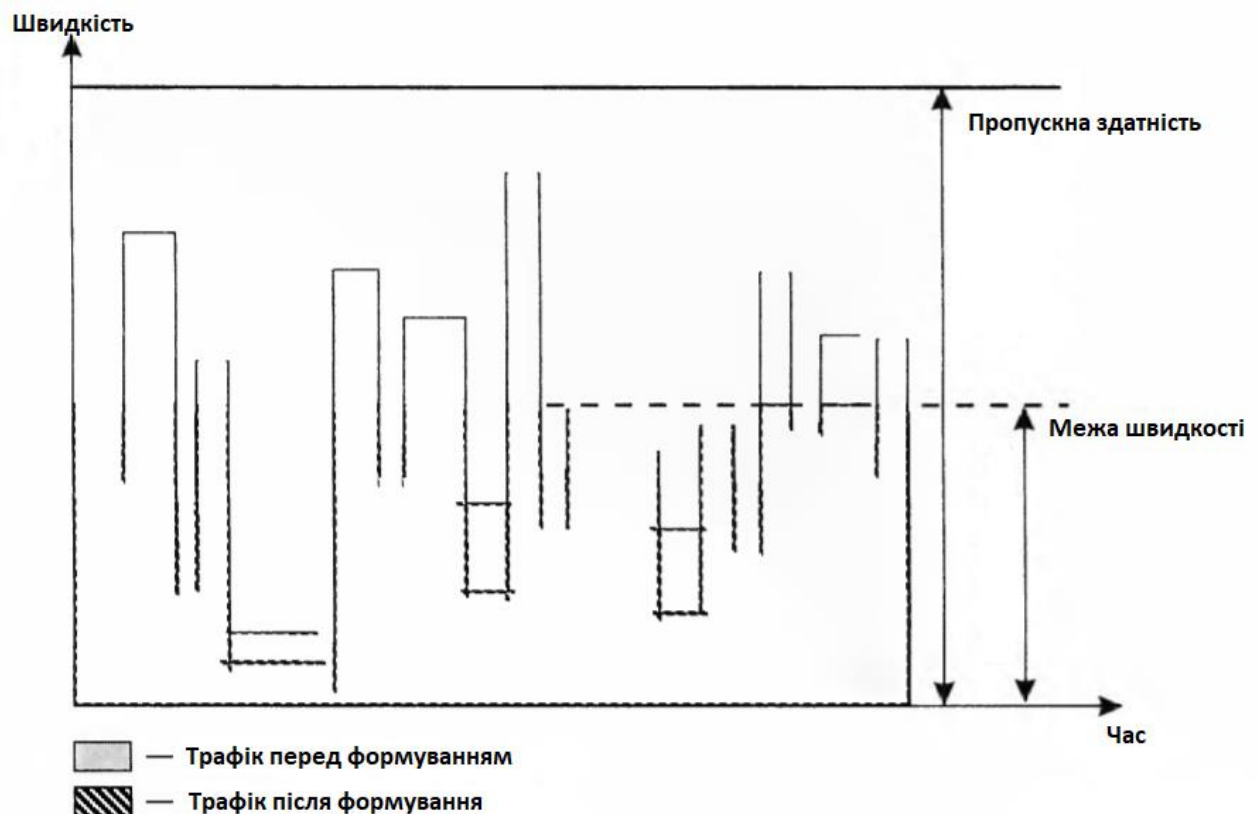


Рис. 3.4 Ефект формування трафіку [1]

Зазвичай формування трафіку застосовується до вхідних потоків, що виходять від комутатора або маршрутизатора. Це робиться в тих випадках,

коли відомо, що далі по маршруту слідування потоку деякий комунікаційний пристрій застосовує профілювання. Якщо профіль, що задається для формування трафіку, збігається з профілем подальшого профілювання, то це гарантує відсутність втрат трафіку через відкидання надлишкових пакетів[1].

3.2 Методи, які запобігають перевантаженням

До методів, які запобігають перевантаженню мережних ресурсів відносять три групи методів:

- 1) методи зворотного зв'язку;
- 2) механізм резервування ресурсів;
- 3) механізми інжинірингу трафіку.

3.2.1 Методи зворотного зв'язку

Методи управління чергами та кондиціонування трафіку починають працювати лише тоді, коли мережа вже перевантажена, і шляхом перерозподілу ресурсів підвищують якість обслуговування. Але існує також клас методів, який дозволяє запобігти перевантаженням – методи зворотного зв'язку.

Механізм зворотного зв'язку працює таким чином, що коли на якомусь з вузлів мережі відбувається перевантаження, то він може надіслати відповідне повідомлення тим вузлам, які знаходяться перед ним, про те, що їм необхідно на деякий час знизити інтенсивність трафіку. Якщо ж перевантаження зникає, то надсилається повідомлення про відновлення швидкості передачі даних.

Існує кілька механізмів зворотного зв'язку (рис. 3.5). Вони відрізняються інформацією, яка передається, а також тим, який тип вузла генерує цю інформацію і хто реагує на цю інформацію - кінцевий вузол (комп'ютер) або проміжний (коммутатор, чи маршрутизатор)[1].

Механізм зворотного зв'язку 1 є найбільш радикальним. Він встановлюється між двома кінцевими вузлами мережі. Коли один з вузлів відчуває перевантаження, то він передає повідомлення, щоб інший вузол

зменшив швидкість передачі даних. Це найдієвіший метод, так як лише кінцевий вузол може якось суттєво впливати на потік інформації в мережу.

У зворотному зв'язку 2 приймають участь два сусідні комутатори. Комутатор, який починає відчувати перевантаження передає повідомлення комутатору, який знаходиться перед ним, щоб той зменшив потік даних. Цей метод суттєво не вплине на мережу в цілому, але дозволить перевантаженому комутатору розвантажити частину ресурсів. І також його перевагою є те, що так як комутатори знаходяться поруч, то повідомлення передається набагато швидше, ніж в попередньому випадку.

Третій тип зворотного зв'язку організовується між вузлом і деяким проміжним комутатором.

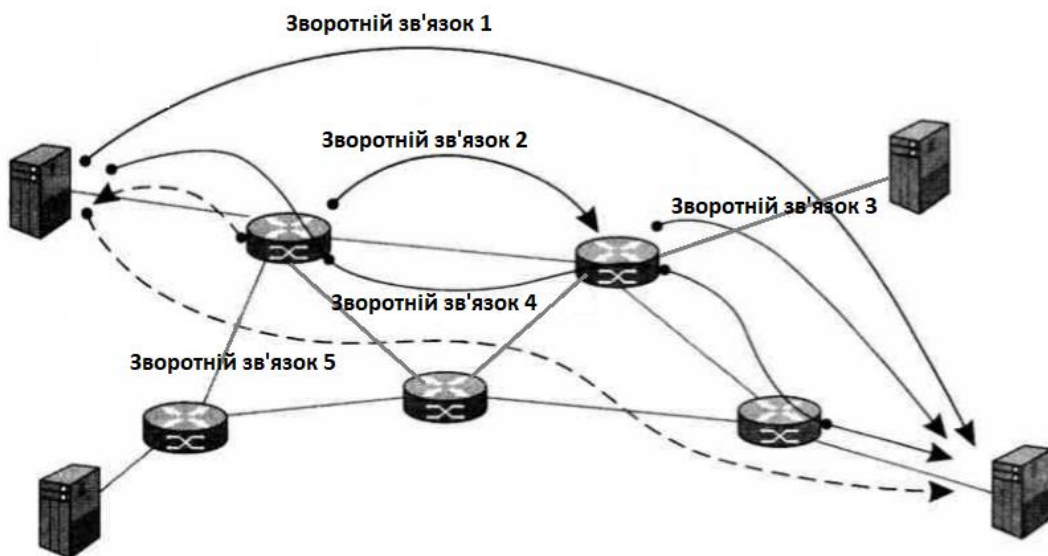


Рис.3.5 Учасники зворотного зв'язку[1]

В зворотному зв'язку 4 також беруть участь два кінцеві вузли. Повідомлення передається від вузла-одержувача до вузла-джерела. Але відмінність від зворотного зв'язку 1 полягає в тому, що тут проміжні комутатори не лише передають повідомлення, а можуть також реагувати на

нього, зменшуючи потік даних у напрямку до вузла-одержувача, і навіть – змінювати зміст повідомлення.

Зворотній зв'язок 5 застосовується тоді, коли в мережі використовуються протоколи, які не підтримують передачу таких повідомлень проміжними вузлами. В такому разі, повідомлення про перевантаження відправляється до вузла-одержувача, який і надсилає його назад до вузла-джерела.

В розглянутих методах передаються такі типи повідомлень:

- ознака перевантаження;
- максимальна швидкість передачі;
- максимальний обсяг даних;
- непрямі ознаки.

Тепер розглянемо кожен з типів повідомлень більш детально.

Ознака перевантаження говорить лише про сам факт, а не про ступінь перевантаження. В такому разі вузол-джерело або повністю припиняє потік даних у напрямку до вузла-одержувача, або зменшує швидкість до того часу, поки не отримає повідомлення про відновлення повноцінної роботи.

Можливий варіант, коли вузол, який відчуває перевантаження передає повідомлення із значенням максимальної швидкості передачі даних, якої мають дотримуватись вузли, розташовані перед ним, поки він не відновить свої ресурси. Тоді використовується тип повідомлення 2.

Повідомлення 3 типу передбачає, що перевантажений вузол надсилає повідомлення із максимальним обсягом даних, які він зможе обробити, і в такому разі вузли, які знаходяться перед ним, можуть передавати інформацію із будь-якою швидкістю, але в обмеженому розмірі, поки не отримають повідомлення, що даний вузол розвантажився.

Повідомлення у вигляді непрямих ознак означає, що насправді перевантажений вузол ніякого повідомлення не надсилає. В такому разі вузол-джерело визначає факт перевантаження за ознакою втрати пакетів. Такі неявні ознаки використовує протокол TCP.

3.2.2 Механізм резервування ресурсів

Процедура резервування ресурсів дозволяє гарантувати обслуговування певного потоку даних із дотриманням всіх характеристик QoS. Основна ідея даного методу полягає в тому, що перед тим, як направити потік даних мережею, необхідно кожному вузлу поставити питання, чи зможе він обробити цей потік із дотриманням вимог до якості обслуговування (мають бути відомими середня і пікова швидкості надходження пакетів), якщо – так, то для заданого потоку резервуються ресурси, що гарантує якісне обслуговування. Основним ресурсом, що резервується, є пропускна спроможність кожного вузла мережі, адже саме від цього залежить якість обслуговування потоку пакетів даних. Але потрібно враховувати, що виділена пропускна здатність має бути дещо вищою, ніж максимальна швидкість надходження потоків трафіку, інакше значна частина пакетів буде просто знищуватись, тому що зарезервованих ресурсів буде недостатньо для якісної обробки даного потоку даних.

Розпочинається механізм резервування із процедури контролю допуску. Вона полягає в тому, що перед тим, як для якогось потоку зарезервувати ресурси, спочатку потрібно перевірити наявність доступної пропускної здатності на всій мережі. Якщо результат контролю допуску позитивний в кожному вузлі, то мережеві пристрої запам'ятовують факт резервування, щоб при появі пакетів даного потоку розпізнати їх і виділити їм зарезервовану пропускну здатність. Крім того, при успішному резервуванні, доступна для резервування (в майбутньому) пропускна здатність зменшується на величину, зарезервовану за даним потоком[1].

Зазвичай для такого виділення ресурсів також використовуються механізми обслуговування черг. Адже, якщо потрібно обробити потік даних, для якого резервувалась пропускна здатність, то такі пакети поміщаються в окрему чергу, щоб не було перешкод зі сторони всього іншого трафіку, який йде через мережу. Якщо для трафіку, за яким зарезервована пропускна

здатність, необхідно мінімізувати затримки, то в такому разі можна використовувати метод пріорітетних черг.

Механізм резервування в пакетних мережах використовується не завжди, а лише тоді, коли необхідно гарантувати високу якість обслуговування. Працює даний метод таким чином, що для певного потоку даних відводиться частина пропускної здатності мережі, але якщо цих ресурсів для даного потоку виявляється забагато, то вони передаються іншим потокам. Тобто процес резервування в пакетних мережах є досить гнучким. Але варто підкреслити, що не завжди можна забезпечити необхідний результат в якості обслуговування, використовуючи резервування. Адже, даний механізм працює лише тоді, коли трафік поступає в мережу з тією ж швидкістю, під яку виділялись ресурси. Якщо ж швидкість буде вищою, то, скоріш за все, якість обслуговування буде набагато нижчою, ніж була б при звичайному проходженні трафіку.

3.2.3 Механізми інжинірингу трафіку

Методи інжинірингу трафіку дозволяють більш ефективно вирішувати завдання забезпечення всіх вимог QoS. При застосуванні цих методів прийнято вважати, що шляхи проходження трафіку підлягають вибору, а не є фіксованими. Завдяки цьому при використанні тих самих ресурсів мережі(мається на увазі, - пропускна здатність мережі, продуктивність маршрутизаторів і комутаторів), можна домогтися обслуговування більшої кількості потоків даних, гарантуючи дотримання вимог QoS. Тобто за допомогою методів інжинірингу намагаються по-максимуму, і при цьому ж – збалансовано, завантажити всі ресурси мережі, шляхом вибору найбільш раціональних маршрутів проходження трафіку, при дотриманні всіх вимог до якості обслуговування.

Методи інжинірингу трафіку базуються на:

- характеристиках мережі;
- даних, про навантаження мережі.

До характеристик мережі відносять її топологію та продуктивність (пропускну здатність) всього обладнання, яке приймає участь в транспортуванні даних між вузлами цієї мережі.

Для аналізу даних про навантаження мережі необхідно враховувати відомості про швидкість потоків передачі даних між кожною парою маршрутизаторів та про величину можливої пульсації трафіку.

Задача інжинірингу трафіку полягає у визначенні маршрутів проходження потоків через мережу, тобто для кожного потоку потрібно знайти точну послідовність проміжних комутаторів і їх інтерфейсів. При цьому маршрути повинні бути такими, щоб усі ресурси мережі були навантажені до максимально можливого рівня, а кожен потік отримував необхідну якість обслуговування[1].

Ясна річ, що максимальний рівень завантаження ресурсів для кожної окремої мережі має підбиратись індивідуально. Але, все-таки, є певні рекомендації. Наприклад, для еластичного трафіку(який нечутливий до затримок) цей рівень не має перевищувати значення 0.75, а для чутливого до затримок – не більше 0.25 відповідно. Ці значення є набагато меншими від максимального коефіцієнту завантаження ресурсів, який дорівнює 1, тому що завжди необхідно залишати частину пропускнуєї спроможності для вільного використання.

Тобто, можна підсумувати, що рішенням задачі інжинірингу трафіку буде такий варіант розробки маршрутів проходження потоків даних, за якого значення коефіцієнтів завантаження ресурсів не будуть перевищувати деяке значення K_{max} .

Вирішувати задачу методів інжинірингу трафіку можна у фоновому або в оперативному режимах. Для фоновому режиму необхідно попередньо знати топологію мережі та точно володіти інформацією про можливе навантаження ресурсів. Після цього запускається програма, яка аналізує дані про мережу, і знаходить точні маршрути для кожного потоку даних шляхом перебору всіх можливих варіантів. Принцип роботи в оперативному режимі

полягає в тому, що маршрути розробляються самими комутаторами, шляхом використання модифікованих протоколів маршрутизації. В такому разі, протоколи можуть "повідомляти" один одному як топологічну інформацію, так і значення вільної пропускної здатності для кожного ресурсу.

Але на практиці методи інжинірингу трафіку реалізувати вкрай важко, адже для цього необхідно повністю змінити логіку роботи маршрутизаторів та комутаторів. Це пояснюється тим, що коли рішення даної задачі знайдено, то виникає необхідність його відображення в таблицях маршрутизації. Але проблема в тому, що вони враховують лише адреси призначення пакетів. Тобто, на прикладі мереж IP, для комутаторів та маршрутизаторів не існує такого поняття як потік, вони розпізнають лише окремі пакети. Мається на увазі, що якщо уявити ситуацію, коли є декілька потоків, які необхідно направити між двома вузлами по різних маршрутах, то комутатор чи маршрутизатор не зможе цього зробити через те, що в його таблиці буде тільки адреса призначення для пакетів, які належать цим потокам. І, відповідно, буде вибраний найкоротший маршрут.

Ось чому, наразі, методи інжинірингу трафіку застосовуються лише в мережах з віртуальними каналами. Кожному потоку (або групі потоків з однаковими маршрутами) виділяється віртуальний канал, який прокладається відповідно до обраного маршруту. Методи інжинірингу трафіку досить успішно застосовувалися в мережах ATM і Frame Relay до тих пір, поки ці технології не припинили своє існування. На сьогодні їх використовують в мережах IP поверх MPLS (Multiprotocol Label Switching), так як MPLS використовує техніку віртуальних каналів для просування пакетів[1].

3.3 Робота мережі в недовантаженому режимі

Даний метод забезпечення якості QoS не можна віднести ні до групи методів, які запобігають виникненню перевантажень, ні до групи методів, що

спрямовані на боротьбу з перевантаженнями, адже при використанні даного підходу перевантажень взагалі немає бути, ні за яких умов.

Робота мережі в недовантаженому режимі вважається найпростішим способом забезпечення якості обслуговування в мережах передачі даних. Суть цього методу полягає в тому, що всі частини мережі володіють надмірною пропускну здатністю. Це означає, що в будь-який момент часу кожен з пристроїв може обробляти потоки пакетів трафіку, які транспортуються в даний час через мережу, без будь-яких втрат, чи затримок. Звісно, це не виключає втрату пакетів через відмову мережевого обладнання, або в результаті спотворення сигналів, але вважається, що при роботі в недовантаженому режимі відсутні перевантаження мережі.

Основною перевагою методу роботи в недовантаженому режимі є простота його реалізації, тому що достатньо лише весь час збільшувати пропускну здатність та продуктивність пристроїв мережі, і це дозволить забезпечувати вимоги до QoS на досить високому рівні. Тобто тут не потрібно створювати додаткові черги, чи застосовувати механізми кондиціонування. Для того, щоб підтримувати мережу в недовантаженому режимі операторам необхідно постійно здійснювати моніторинг рівня трафіку, щоб визначати коефіцієнт використання пропускну здатності (він не має перевищувати 20-30%), і за необхідності збільшувати пропускну спроможність. Але цей метод вважається одним з найдорожчих в реалізації, тому що пропускну здатність мережі підвищується за рахунок збільшення кількості комунікаційного обладнання, а коефіцієнт завантаження, який знаходиться на рівні 20-30% говорить про те, що більшість часу обладнання знаходиться в простої.

Висновки:

Аналіз методів забезпечення якості обслуговування показав, що на сьогоднішній день важко уявити роботу IP-мереж, чи сучасних мультимедійних додатків без застосування методів QoS. Адже вони дозволяють мінімізувати наслідки затримки пакетів в чергах, чи зниження

швидкості проходження потоків даних. Основною ідеєю групи методів QoS є перерозподіл ресурсів мережі відповідно до класу трафіку(чутливий, чи еластичний), або до конкретних вимог додатків, що дозволяє підтримувати якість обслуговування на прийнятному рівні. Виділяють 6 основних груп методів, таких як:

- 1) методи управління чергами, які дозволяють надавати пріоритетне обслуговування для чутливого трафіку;
- 2) резервування ресурсів, що гарантує високу якість обслуговування для окремих потоків даних;
- 3) механізми зворотного зв'язку, які надають можливість тимчасово зменшувати потік даних, якщо якийсь вузол мережі відчуває перевантаження;
- 4) методи кондиціонування трафіку, які дозволяють регулювати швидкість надходження пакетів в мережу;
- 5) за допомогою інжинірингу трафіку можна вибирати раціональні маршрути для проходження потоків даних, щоб максимально використовувати всі наявні ресурси в мережі, із збереженням характеристик якості обслуговування;
- 6) для роботи мережі в недовантаженому режимі необхідно створити такі умови, за яких кожен із наявних комунікаційних пристроїв володіє надлишковою пропускнуою здатністю, що унеможливорює появу черг, і, відповідно, мінімізує втрату пакетів.

Так як виділити якийсь один універсальний механізм забезпечення якості обслуговування неможливо, то краще вибирати методи QoS, в залежності від типу мережі, та від того які типи трафіку в ній передаються. Але на сьогодні все частіше методи забезпечення QoS застосовуються комбіновано, адже це дозволяє підтримувати значно вищий сервісу надання послуг.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

Аналіз способів побудови універсальної мультисервісної мережі, яка буде одночасно надавати різні типи послуг, показав, що виникає необхідність підтримки такою мережею характеристик QoS. З цього випливає, що для якісної передачі різних типів трафіку канали зв'язку мають підтримувати механізми забезпечення якості обслуговування, що реалізується розгортанням служби підтримки QoS.

В даній роботі був проведений огляд всіх чинників, які впливають на якість обслуговування та проаналізовано ступінь їх впливу. До них можна віднести тип системи надання послуг, особливості розгортання служби QoS, вибір методів забезпечення QoS, характеристики мережі та транспортних послуг, дотримання стандартів до якості обслуговування. Відповідно до цього можна зробити висновок, що найкращим рішенням буде застосування комплексних методів – розпочинаючи з попереднього аналізу питань, які стосуються проектування мережі передачі даних, наприклад, які типи трафіку будуть транспортуватись мережею, який з них вважається пріоритетним для споживача тощо. Після цього приймається рішення про те, яка система надання послуг буде застосовуватись, вибирається архітектура служби QoS (відповідно до можливостей сервіс-провайдера та зважаючи на потреби споживачів), а також, в самому кінці, в каналах зв'язку організовується підтримка методів забезпечення якості обслуговування.

В результаті аналізу наявних методів забезпечення якості обслуговування, враховуючи їх переваги та недоліки, я дійшла висновку, що на сьогодні не існує одного універсального методу, який зможе забезпечити високу якість обслуговування при одночасній передачі різнотипного трафіку. Ось чому, на даний час, краще всього застосовувати всі ці методи комбіновано. В такому разі завдяки методам управління чергами і резервування ресурсів можна забезпечити високу якість обробки чутливого трафіку (наприклад, голосового), при перевантаженнях обладнання в мережі механізми кондиціонування трафіку та метод зворотного зв'язку дозволяють

обмежити швидкість надходження PDU в мережу, завдяки інжинірингу трафіку можна якомога ефективніше розподілити маршрути транспортування трафіку мережею, щоб навантаження між комунікаційними пристроями було рівномірним, в свою чергу забезпечення середовища передачі даних надлишковою пропускною здатністю також підвищує якість обслуговування.

Враховуючи це все, можна стверджувати, що перехід до мереж наступного покоління (мультисервісних мереж) буде неможливим без забезпечення високої якості обслуговування в таких мережах, ось чому виникає необхідність розробки більш універсальних методів QoS.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Олифер В., Олифер Н. 0-54 Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 5-е изд. — СПб.: Питер, 2016. — 992 с.
2. Конахович Г.Ф., Чуприн В.М. К 338 Мережі передачі пакетних даних. К.: "МК-Пресс", 2006. - 272 с, іл.
3. Модели качества обслуживания IntServ и DiffServ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://iptcp.net/modeli-kachestva-obsluzhivaniya-intserv-i-diffserv.html> .
4. Качество сервиса в мультисервисных сетях [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://compress.ru/article.aspx?id=10854>.
5. Побудова мультисервісної мережі [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://ea.donntu.edu.ua/bitstream/123456789/2845/1/%D0%9F%D0%BE%D0%B1%D1%83%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B8%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B2%D1%96%D1%81%D0%BD%D0%BE%D1%97%20%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B6%D1%96.pdf> .
6. Заїка В.Ф., Варфоломеева О.Г., Домрачева К.О., Гринкевич Г.О. “Телекомунікаційні системи та мережі наступного покоління” [Навчальний посібник] .
7. Технічні засоби підтримки якості послуг сучасних телекомунікаційних мереж [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/22782/1/37-Lutskyi-269-276.pdf> .
8. Піневич Т. О. "Стандартизація інфокомунікаційних мереж та систем" // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті 2018 №6 .
9. Рекомендації ITU – T [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/index.aspx?ser=H> .
10. ITU-R Recommendation E.800 Terms and definitions, related to Quality of Services and network performance including dependability.

11. Рекомендації ETSI [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.etsi.org/> .
12. Рекомендації 3GPP [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.3gpp.org/> .
13. Бовда Е. М. Методи забезпечення якості обслуговування в сучасних телекомунікаційних мережах військового призначення / Е.М. Бовда, В.В. Сальник // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2017. – № 2(51). – С. 85-94.
14. QoS [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://uk.wikipedia.org/wiki/QoS>.
15. NGN [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://uk.wikipedia.org/wiki/NGN> .
16. Особливості архітектури NGN [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.znanius.com/3577.html> .
17. Кучерявый Е.А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет. – СПб.: Наука и Техника, 2004. – 336: ил.
18. ITU-T Recommendation P.862: "Perceptual evaluation of Speech Quality (PESQ), an objective method for End to end speech quality assessment of narrowband telephone networks and speech codecs".
19. ETSI TS 102 250-3. Speech processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); QoS aspects for popular services in GSM and 3G networks; Part 3: Typical procedures of Quality of Service measurement equipment.
20. ETSI TS 102 250-1. Speech processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); QoS aspects for popular services in GSM and 3G networks; Part 1: Identification of Quality of Services aspects.
21. ETSI TS 123 107: "Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Quality of Service (QoS) concept and architecture (3GPP TS 123.107 Release).
22. Є. М. Чернихівський, В. В. Червенець, О. Б. Білик. Визначення часових параметрів обслуговування потокового трафіку з

- пріоритетними класами // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2011. – № 705 : Радіoeлектроніка та телекомунікації. – С. 167-170.
23. Vegesna S. IP Quality of Service./ Srinivas Vegesna. – Cisco Press. – 2001. – 368 p
24. Яновский Г.Г. Качество обслуживания в сетях IP// Вестник связи – 2008. – №1.
25. Д.В. Бельков, Л.В. Незамова "Побудова мультисервісної мережі" // Наукові праці ДонНТУ Серія "Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка" випуск 11(164), 2010.